

**PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PARA LOS HUMEDALES ARTIFICIALES DE  
FRIGOCAFÉ S.A., KM 1 VÍA CALARCÁ EN EL ÁREA DE LA MARÍA,  
DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO**

**JUAN SEBASTIÁN BERNAL CAICEDO  
NATHALIE ROJAS JIMÉNEZ**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS  
PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL  
SANTIAGO DE CALI  
2017**

**PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PARA LOS HUMEDALES ARTIFICIALES DE  
FRIGOCAFÉ S.A., KM 1 VÍA CALARCÁ EN EL ÁREA DE LA MARÍA,  
DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO**

**JUAN SEBASTIÁN BERNAL CAICEDO  
NATHALIE ROJAS JIMÉNEZ**

**Proyecto de grado para optar al título de Administrador Ambiental**

**Director  
ALEJANDRO SOTO  
Ingeniero Químico**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS  
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL  
PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL  
SANTIAGO DE CALI  
2017**

## **NOTA DE ACEPTACIÓN**

**Este trabajo de grado cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar por el título de Administrador Ambiental.**

**JULIO CESAR MOLINA**

---

**Jurado**

**JULIO CESAR WILCHES**

---

**Jurado**

**Santiago de Cali, 10 de marzo de 2017**

Dedico este trabajo inicialmente a Dios por darme la vida para llegar a este momento tan importante que da inicio a mi vida profesional.

A mis padres, mama (Betty Caicedo), Papa (Guillermo Bernal), no hay un solo instante de mi vida que no le agradezca a Dios el haberme dado este hogar, el tesoro más grande es tenerlos conmigo y el caudal más valioso son todos y cada uno de los valores que me inculcaron, pero más que nada, por su amor. Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

Al señor David Rojas Director Ambiental de FRIGOCAFÉ S.A. por el apoyo absoluto y su aporte en conocimientos que nos ayudó a llevar a feliz término este trabajo.

Al ingeniero Alejandro Soto tutor de la tesis, quien fue la primera persona que me recibió en la UAO y del cual he recibido consejos, conocimientos, apoyo incondicional en el transcurso de mi carrera universitaria. Gracias Profe no cambie usted es un verdadero “maestro”.

A mi hermano Julio cesar por creer en mí.

**Juan Sebastián Bernal Caicedo**

A mis padres Ángela Jiménez y David Rojas por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

A Juan Sebastián Bernal mi novio que desde que apareció en mi vida me ha dado motivación para continuar, no renunciar y ha creído en mí,

**Nathalie Rojas Jiménez**

<b>CONTENIDO</b>		<b>Pág.</b>
<b>RESUMEN</b>		<b>20</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>		<b>22</b>
<b>1.</b>	<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>24</b>
<b>1.1</b>	<b>FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>25</b>
<b>2.</b>	<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>26</b>
<b>3.</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>27</b>
<b>3.1</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>27</b>
<b>3.2</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>27</b>
<b>4.</b>	<b>MARCO DE REFERENCIA</b>	<b>28</b>
<b>4.1</b>	<b>MARCO CONCEPTUAL</b>	<b>28</b>
<b>4.2</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>36</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Planes de manejo para Humedales en Colombia</b>	<b>36</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Revisión de trabajos de PTAR en Colombia</b>	<b>40</b>
<b>4.2.2.1</b>	<b>Trabajos de frigoríficos con tratamiento terciario (Humedales)</b>	<b>41</b>
<b>4.3</b>	<b>MARCO LEGAL</b>	<b>42</b>
<b>5.</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	<b>46</b>
<b>5.1</b>	<b>ZONA DE ESTUDIO</b>	<b>46</b>
<b>5.2</b>	<b>FASE DE DIAGNÓSTICO (RAI)</b>	<b>47</b>

5.2.1	Identificación de aspectos ambientales	48
5.3	FASE DE ANÁLISIS	49
5.3.1	Determinación de los impactos ambientales	49
5.3.2	Evaluación de los aspectos e impactos ambientales	50
5.4	FASE PROPOSITIVA	51
5.5	MODELO RAMSAR	52
5.6	DESCRIPCIÓN	53
5.6.1	Zona de estudio	53
5.6.2	Sistema biológico de los Humedales artificiales de FRIGOCAFÉ S.A.	54
5.7	BIODIVERSIDAD	55
5.8	CONDICIÓN ECOLÓGICA	61
5.9	EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA	63
5.10	DISEÑO EXPERIMENTAL	66
5.10.1	Descripción de los puntos de muestreo	66
5.10.2	Registro de las variables fisicoquímicas de los puntos de muestreo en los Humedales artificiales de FRIGOCAFÉ S.A.	70
6.	RESULTADOS	72
6.1	MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES EN EL PROCESO DE SACRIFICIO DE BOVINOS EN FRIGOCAFÉ S.A.	72
6.1.1	Recepción de corrales	72
6.1.2	Manga de conducción, lavado del animal	73
6.1.3	Insensibilización	73
6.1.4	Izado- sangría	74
6.1.5	Separación, identificación, descaretado y lavado de cabeza	74

<b>6.1.6 Corte y desuello de extremidades, retiro de cola y anudado del ano.</b>	<b>75</b>
<b>6.1.7 Corte de esternón y Desuello.</b>	<b>75</b>
<b>6.1.8 Eviscerado</b>	<b>76</b>
<b>6.1.9 Corte de canal</b>	<b>76</b>
<b>6.1.10 Pesaje de canales, cuartos fríos y despacho</b>	<b>77</b>
<b>6.2 MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES EN EL PROCESO DE SACRIFICIO DE PORCINOS EN FRIGOCAFÉ S.A.</b>	<b>77</b>
<b>6.3 MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES EN LOS PROCESOS DEL TRATAMIENTO DE PRIMARIO EN FRIGOCAFÉ S.A.</b>	<b>82</b>
<b>6.4 MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES EN LOS PROCESOS DEL TRATAMIENTO DE SECUNDARIO (PTAR) EN FRIGOCAFÉ S.A.</b>	<b>84</b>
<b>6.5 MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES EN LOS PROCESOS DEL TRATAMIENTO TERCARIO</b>	<b>85</b>
<b>6.6 MATRIZ DE REQUISITOS LEGALES</b>	<b>87</b>
<b>6.7 MATRIZ DE EVALUACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES EN EL PROCESAMIENTO DE BOVINOS</b>	<b>91</b>
<b>6.8 MATRIZ DE EVALUACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES EN EL PROCESAMIENTO DE PORCINOS</b>	<b>98</b>
<b>6.9 MATRIZ DE EVALUACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES PARA LOS PROCESOS DEL TRATAMIENTO PRIMARIO</b>	<b>102</b>
<b>6.10 MATRIZ DE EVALUACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES PARA LOS PROCESOS DEL TRATAMIENTO SECUNDARIO</b>	<b>104</b>
<b>6.11 MATRIZ DE EVALUACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES PARA LOS PROCESOS DEL TRATAMIENTO TERCARIO</b>	<b>105</b>

<b>6.12</b>	<b>RESULTADOS DE LABORATORIO Y EN CAMPO DEL ICA DE LA PRIMERA JORNADA DE MUESTREO.</b>	<b>106</b>
<b>6.13</b>	<b>RESULTADOS DE LABORATORIO Y EN CAMPO DE LA SEGUNDA JORNADA DE MUESTREO</b>	<b>107</b>
<b>6.14</b>	<b>RESULTADOS DE LABORATORIO DE LA TERCERA JORNADA DE MUESTREO</b>	<b>108</b>
<b>6.15</b>	<b>RESULTADOS DE LABORATORIO DE LA CUARTA JORNADA DE MUESTREO</b>	<b>109</b>
<b>6.16</b>	<b>RESULTADOS DE LABORATORIO DE LA QUINTA JORNADA DE MUESTREO</b>	<b>110</b>
<b>6.17</b>	<b>RESULTADOS DE LABORATORIO DE LA SEXTA JORNADA DE MUESTREO</b>	<b>111</b>
<b>6.18</b>	<b>RESULTADOS DEL ICA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE FRIGOCAFÉ Y ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS CON LAS CURVAS DEL ICA-NSF</b>	<b>112</b>
<b>6.19</b>	<b>RESULTADOS DEL ICA DE LA PRIMERA SALIDA DE CAMPO 14 DE ABRIL DEL 2016</b>	<b>113</b>
<b>6.20</b>	<b>RESULTADOS DEL ICA DE LA SEGUNDA SALIDA 20 DE ABRIL DEL 2016</b>	<b>115</b>
<b>6.21</b>	<b>RESULTADOS DEL ICA DE LA TERCERA SALIDA 23 DE ABRIL DEL 2016</b>	<b>118</b>
<b>6.22</b>	<b>RESULTADOS DEL ICA DE LA CUARTA SALIDA 21 DE SEPTIEMBRE DEL 2016</b>	<b>120</b>
<b>6.23</b>	<b>RESULTADOS DEL ICA DE LA QUINTA SALIDA 28 DE SEPTIEMBRE DEL 2016</b>	<b>123</b>
<b>6.24</b>	<b>RESULTADOS DEL ICA DE LA SEXTA SALIDA 12 DE OCTUBRE DEL 2016</b>	<b>125</b>
<b>6.25</b>	<b>RESULTADOS DEL PORCENTAJE DE RENDIMIENTO PARA LA REMOCIÓN DE LA CARGA CONTAMINANTE POR EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (STAR)</b>	<b>128</b>
<b>6.26</b>	<b>PRIMERA SALIDA DE CAMPO ABRIL 14 DEL 2016, DATOS DE DBO5 Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES</b>	<b>129</b>



6.27	SEGUNDA SALIDA DE CAMPO ABRIL 20 DEL 2016, DATOS DE DBO5 Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	130
6.28	TERCERA SALIDA DE CAMPO ABRIL 27 DEL 2016, DATOS DE DBO5 Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	131
6.29	CUARTA SALIDA DE CAMPO SEPTIEMBRE 14 DEL 2016, DATOS DE DBO5 Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	132
6.30	QUINTA SALIDA DE CAMPO SEPTIEMBRE 28 DE 2016, DATOS DE DBO5 Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	133
6.31	SEXTA SALIDA DE CAMPO OCTUBRE 12 DEL 2016, DATOS DE DBO5 Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	134
6.32	PLAN DE ACCIÓN	137
6.32.1	Programa: Mejoramiento de hábitats	137
6.32.2	Programa: Control y seguimiento	141
6.32.3	Programa: Mitigación de la contaminación hídrica.	142
6.32.4	Programa: Saneamiento ambiental.	148
7.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	151
7.1	ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS EVALUADOS PARA EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA EMPRESA FRIGOCAFÉ S.A.	151
7.2	ANÁLISIS COMPARATIVOS CON LOS ESTÁNDARES DE LA RESOLUCIÓN 0631 DEL 2015	157
7.3	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL ICA DE LOS HUMEDALES DE FRIGOCAFÉ	158
8.	CONCLUSIONES	162
9.	RECOMENDACIONES	164
	BIBLIOGRAFÍA	165



## LISTA DE CUADROS

	pág.
<b>Cuadro 1. Rangos de clasificación del ICA según el criterio general</b>	<b>29</b>
<b>Cuadro 2. Clasificación de humedales naturales según la convención de Ramsar</b>	<b>31</b>
<b>Cuadro 3. Parámetros físicos-químicos en las diferentes PTARS, En Colombia</b>	<b>40</b>
<b>Cuadro 4. Normas ambientales relacionadas con el proyecto de FRIGOCAFÉ</b>	<b>42</b>
<b>Cuadro 5. Criterios de evaluación para aspectos e impactos ambientales</b>	<b>50</b>
<b>Cuadro 6. Escala de significancia (La magnitud, severidad, frecuencia y permanencia de los impactos identificados y se clasifican en una escala de 1 a 3)</b>	<b>51</b>
<b>Cuadro 7. Población Aledaña a los Humedales de FRIGOCAFÉ S.A.</b>	<b>65</b>
<b>Cuadro 8. Equipos Utilizados para el Análisis Fisicoquímico Exsitu-Insitu</b>	<b>71</b>
<b>Cuadro 9. Identificación de aspectos ambientales - en el proceso de recepción corrales</b>	<b>72</b>
<b>Cuadro 10. Identificación de aspectos ambientales- en el proceso de manga de conducción, lavado e insensibilización</b>	<b>73</b>
<b>Cuadro 11. Identificación de aspectos ambientales en los procesos de izado-sangría, separación, identificación descaretado y lavado de la cabeza</b>	<b>74</b>
<b>Cuadro 12. Identificación de aspectos ambientales en los procesos de corte y desuello de extremidades, retiro de cola y anudado del ano, corte de esternón y desuello.</b>	<b>75</b>
<b>Cuadro 13. Identificación de aspectos ambientales en los procesos de eviscerado y corte del canal</b>	<b>76</b>

<b>Cuadro 14. Identificación de aspectos ambientales en el proceso de pesaje de canales, cuartos fríos y despacho</b>	<b>77</b>
<b>Cuadro 15. Identificación de aspectos ambientales en el proceso de recepción de corrales</b>	<b>78</b>
<b>Cuadro 16. Identificación de aspectos ambientales- en el proceso de manga de conducción, lavado e insensibilización</b>	<b>79</b>
<b>Cuadro 17. Identificación de aspectos ambientales en los procesos de izado-sangría, escalado, depilado mecánico, flameado y depilado manual</b>	<b>80</b>
<b>Cuadro 18. Identificación de aspectos ambientales en los procesos de corte esternón y eviscerado</b>	<b>81</b>
<b>Cuadro 19. Identificación de aspectos ambientales en los procesos de lavado de canal, pesaje, cuartos fríos y despacho</b>	<b>82</b>
<b>Cuadro 20. Identificación de aspectos ambientales en el tratamiento primario</b>	<b>83</b>
<b>Cuadro 21. Identificación de aspectos ambientales en el tratamiento secundario</b>	<b>85</b>
<b>Cuadro 22. Identificación de aspectos ambientales en el tratamiento terciario</b>	<b>87</b>
<b>Cuadro 23. Requisitos legales ambientales aplicables a las actividades de la empresa en la parte de aire</b>	<b>88</b>
<b>Cuadro 24. Requisitos legales ambientales aplicables a las actividades de la empresa en la parte de aire</b>	<b>89</b>
<b>Cuadro 25. Requisitos legales ambientales aplicables a las actividades de la empresa en la parte de agua</b>	<b>90</b>
<b>Cuadro 26. Requisitos legales ambientales aplicables a las actividades de la empresa en la parte de agua</b>	<b>91</b>
<b>Cuadro 27. Evaluación de aspectos e impactos ambientales para los procesos recepción de corrales, manga de conducción de lavado e insensibilización</b>	<b>92</b>

<b>Cuadro 28. Evaluación de aspectos e impactos ambientales para los procesos de Izado-sangría, Separación, identificación descaretado y lavado de cabeza</b>	<b>93</b>
<b>Cuadro 29. Evaluación de aspectos e impactos ambientales para los procesos de corte de desuello de extremidades, retiro de cola y anudado de ano, corte de esternón y desuello</b>	<b>95</b>
<b>Cuadro 30. Evaluación de aspectos e impactos ambientales para los proceso de Eviscerado y Corte del canal</b>	<b>96</b>
<b>Cuadro 31. Evaluación de aspectos e impactos ambientales para el proceso de Pesaje de canales, cuartos fríos y despacho</b>	<b>97</b>
<b>Cuadro 32. Evaluación de aspectos e impactos ambientales para los procesos de recepción de corrales, manga de conducción y lavado e insensibilización</b>	<b>98</b>
<b>Cuadro 33. Evaluación de aspectos e impactos ambientales para los procesos de Izado-sangría, Escalado, depilado mecánico, flameado y depilado manual</b>	<b>99</b>
<b>Cuadro 34. Evaluación de aspectos e impactos ambientales para el proceso de Corte esternón y eviscerado</b>	<b>100</b>
<b>Cuadro 35. Evaluación de aspectos e impactos ambientales para los procesos de lavado de canal y pesaje, cuartos fríos y despacho</b>	<b>101</b>
<b>Cuadro 36. Matriz de evaluación de aspectos e impactos ambientales para los procesos del tratamiento primario</b>	<b>102</b>
<b>Cuadro 37. Matriz de evaluación de aspectos e impactos ambientales para los procesos del tratamiento secundario</b>	<b>104</b>
<b>Cuadro 38. Matriz de evaluación de aspectos e impactos ambientales para los procesos del tratamiento terciario</b>	<b>105</b>
<b>Cuadro 39. Resultados de laboratorio y en campo del ICA de la primera jornada de muestreo</b>	<b>106</b>
<b>Cuadro 40. Resultados de laboratorio y en campo del ICA de la segunda jornada de muestreo</b>	<b>107</b>
<b>Cuadro 41. Resultados de laboratorio y en campo del ICA de la tercera jornada de muestreo</b>	<b>108</b>

<b>Cuadro 42. Resultados de laboratorio y en campo del ICA de la cuarta jornada de muestreo</b>	<b>109</b>
<b>Cuadro 43. Resultados de laboratorio y en campo del ICA de la Quinta jornada de muestreo</b>	<b>110</b>
<b>Cuadro 44. Resultados de laboratorio y en campo del ICA de la Sexta jornada de muestreo</b>	<b>111</b>
<b>Cuadro 45. Resultados del ICA de la salida de macrófitas emergentes de la primera jornada de muestreo</b>	<b>113</b>
<b>Cuadro 46. Resultados del ICA de la salida de macrófitas flotantes de la primera jornada de muestreo</b>	<b>113</b>
<b>Cuadro 47. Resultados del ICA de la salida de macrófitas emergentes de la segunda jornada muestreo</b>	<b>115</b>
<b>Cuadro 48. Resultados del ICA de la salida de macrófitas flotantes de la segunda jornada de muestreo</b>	<b>116</b>
<b>Cuadro 49. Resultados del ICA de la salida de macrófitas emergentes de la tercera jornada de muestreo</b>	<b>118</b>
<b>Cuadro 50. Resultados del ICA de la salida de macrófitas flotantes de la tercera jornada de muestreo</b>	<b>118</b>
<b>Cuadro 51. Resultados del ICA de la salida de macrófitas emergentes de la cuarta jornada de muestreo</b>	<b>120</b>
<b>Cuadro 52. Resultados del ICA de la salida de macrófitas flotantes de la cuarta jornada de muestreo</b>	<b>121</b>
<b>Cuadro 53. Resultados del ICA de la salida de macrófitas emergentes de la Quinta jornada de muestreo</b>	<b>123</b>
<b>Cuadro 54. Resultados del ICA de la salida de macrófitas flotantes de la Quinta jornada de muestreo</b>	<b>123</b>
<b>Cuadro 55. Resultados del ICA de la salida de macrófitas emergentes de la Sexta jornada de muestreo</b>	<b>125</b>
<b>Cuadro 56. Resultados del ICA de la salida de macrófitas flotantes de la Sexta jornada de muestreo</b>	<b>126</b>
<b>Cuadro 57. Rendimientos de remociones típicas en un sistema de tratamiento de aguas residuales</b>	<b>128</b>

<b>Cuadro 58. Porcentaje de remoción de materia orgánica, microbiológica en las campañas de muestreo</b>	<b>136</b>
<b>Cuadro 59. Costos del proyecto mejoramiento de hábitats</b>	<b>139</b>
<b>Cuadro 60. Costos del proyecto control de la vegetación acuática invasora</b>	<b>141</b>
<b>Cuadro 61. Costos del proyecto control y seguimiento</b>	<b>142</b>
<b>Cuadro 62. Costo del proyecto mitigación de la contaminación hídrica</b>	<b>144</b>
<b>Cuadro 63. Costo para mejoramiento y restauración de la calidad del agua del componente cuaternario para el tratamiento de aguas residuales</b>	<b>146</b>
<b>Cuadro 64. Costo del proyecto mejoramiento del proceso de separación, recolección y almacenamiento del agua residual proveniente del sacrificio en el tratamiento primario</b>	<b>147</b>
<b>Cuadro 65. Costo del proyecto implementación de mecanismo de desinfección por radiación ultravioleta</b>	<b>150</b>
<b>Cuadro 66. Categorías de aceptabilidad en rangos de los artículos referencia de la Res. 0631 del 2015 vs los resultados de los respectivos parámetros de la caracterización de los Humedales de FRIGOCAFÉ</b>	<b>158</b>
<b>Cuadro 67. Resultados y análisis del ICA para los puntos de muestreos de la primera jornada de muestreo</b>	<b>159</b>
<b>Cuadro 68. Resultados y análisis del ICA para los puntos de muestreos de la segunda jornada de muestreo</b>	<b>159</b>
<b>Cuadro 69. Resultados y análisis del ICA para los puntos de muestreos de la tercera jornada de muestreo</b>	<b>160</b>
<b>Cuadro 70. Resultados y análisis del ICA para los puntos de muestreos de la cuarta jornada de muestreo</b>	<b>160</b>
<b>Cuadro 71. Resultados y análisis del ICA para los puntos de muestreos de la quinta jornada de muestreo</b>	<b>161</b>
<b>Cuadro 72. Resultados y análisis del ICA para los puntos de muestreos de la sexta jornada de muestreo</b>	<b>161</b>

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1. Ubicación geográfica de la empresa FRIGOCAFÉ S.A.</b>	<b>47</b>
<b>Figura 2. Ubicación espacial del proyecto de los Humedales de Frigocafé</b>	<b>53</b>
<b>Figura 3. Diagrama de Holdridge</b>	<b>56</b>
<b>Figura 4. Tetragonisca Angustula, Registrada en los Humedales de Frigocafé</b>	<b>58</b>
<b>Figura 5. Anipsotera, registrada en los Humedales de Frigocafé</b>	<b>59</b>
<b>Figura 6. Ctenosaura Similis, registrada en los humedales de Frigocafé</b>	<b>60</b>
<b>Figura 7. Especie iguana verde, registrada en los humedales de Frigocafé</b>	<b>60</b>
<b>Figura 8. Lycaena Phlaeas, registrada en los humedales de Frigocafé</b>	<b>62</b>
<b>Figura 9. Enallagma Cyathigerum, registrada en los Humedales de Frigocafé</b>	<b>62</b>
<b>Figura 10. Uracis Imbuta, registrada en los Humedales de Frigocafé</b>	<b>63</b>
<b>Figura 11. Caracol levogiro, registrada en los Humedales de Frigocafé</b>	<b>64</b>
<b>Figura 12. Caracol destrogiro, registrada en los humedales de Frigocafé</b>	<b>64</b>
<b>Figura 13. Primer punto de muestreo</b>	<b>67</b>
<b>Figura 14. Segundo punto de muestreo</b>	<b>67</b>
<b>Figura 15. Tercer punto de muestreo</b>	<b>68</b>
<b>Figura 16. Cuarto punto de muestreo</b>	<b>69</b>
<b>Figura 17. Quinto punto de muestreo</b>	<b>69</b>
<b>Figura 18. Sexto punto de muestreo</b>	<b>70</b>



<b>Figura 19. Fórmula para el cálculo del ICA</b>	<b>112</b>
<b>Figura 20. Sistema de la desinfección por radiación ultravioleta</b>	<b>176</b>
<b>Figura 21. Construcción de Humedales</b>	<b>178</b>

## LISTA DE GRÁFICOS

	<b>Pág.</b>
<b>Gráfico 1. Demanda Biológica de oxígeno</b>	<b>151</b>
<b>Gráfico 2. Puntos de muestreo coliformes Fecales</b>	<b>152</b>
<b>Gráfico 3. pH</b>	<b>152</b>
<b>Gráfico 4. Conductividad</b>	<b>153</b>
<b>Gráfico 5. Nitratos</b>	<b>154</b>
<b>Gráfico 6. Fosfatos</b>	<b>154</b>
<b>Gráfico 7. Turbidez</b>	<b>155</b>
<b>Gráfico 8. Sólidos suspendidos Totales</b>	<b>156</b>
<b>Gráfico 9. Oxígeno Disuelto</b>	<b>157</b>

## **LISTA DE ANEXOS**

	<b>pág.</b>
<b>Anexo A. Mecanismos de la desinfección por radiación ultravioleta</b>	<b>175</b>
<b>Anexo B. Plan de monitoreo para el STAR de FRIGOCAFÉ S.A.</b>	<b>177</b>
<b>Anexo C. Ampliación del sistema de tratamiento de aguas residuales mediante Humedales (Buchon de agua)</b>	<b>178</b>

## RESUMEN

El principal aporte del proyecto fue la elaboración de una propuesta de plan de manejo para los humedales artificiales de la empresa Frigocafé s.a., ya que estos no cuentan con programas, medidas y alternativas de manejo ambiental para la conservación a largo plazo del componente terciario. Se quiere establecer una propuesta de plan de manejo ambiental para la empresa Frigocafé s.a.. Que genere los lineamientos de acción para la conservación del sistema. Se busca identificar los principales problemas ambientales en los procesos de tratamiento de aguas residuales y sacrificio, que se lleva a cabo en la empresa Frigocafé s.a.. y así establecer acciones correctivas para la conservación y preservación de los humedales, que utiliza la empresa para la depuración de aguas residuales de sus procesos industriales.

Para poder llevar a cabo este proyecto, inicialmente se realizó la revisión ambiental inicial – RAI, para determinar los aspectos ambientales que se generan en los procesos de la empresa. Se hace una revisión de la normatividad ambiental que cumple o no cumple la empresa. Luego se confronta los aspectos ambientales que se generan en los procesos de la empresa con la normatividad ambiental vigente que para estos aplica. se hace la evaluación de los aspectos ambientales para la priorización de los impactos ambientales más significativos, después que se haya sacado los impactos ambientales más significativos, se generan los programas que están dentro del plan de manejo ambiental para la mitigación y corrección de los impactos ambientales de mayor significancia.

Realizado la evaluación de los impactos ambientales se procede a utilizar la metodología Ramsar la cual hace una descripción de los aspectos, características y evaluación de los humedales que posee la empresa Frigocafé s.a.. Luego se procede al plan operacional en el cual ya se genera los programas, planes y proyectos basados en las características biológicas, ecológicas y sociales de los humedales de la empresa Frigocafé s.a..

Ya teniendo los análisis de la revisión ambiental inicial, la evaluación de aspectos e impactos ambientales y la metodología Ramsar, se procede a la construcción del plan de manejo ambiental, en esta fase se genera los planes, programas, objetivos, indicadores y costos basados en los aspectos e impactos ambientales más significativos y en las características hidrobiológicas de los humedales de la empresa Frigocafé s.a..

La finalidad del plan de manejo para este trabajo fue el control del proceso del tratamiento primario, ya que este está causando contaminación hídrica en el sistema de tratamiento de aguas residuales de la empresa, sobrecargando el sistema de humedales. A pesar de que hay una recuperación bastante importante del agua todavía persisten problemas de carga contaminante dentro del sistema de tratamiento terciario que debe mejorarse con la implementación del programa de mejoramiento del proceso de recolección y almacenamiento del agua residual proveniente del sacrificio en el tratamiento primario.

**Palabras clave:** Biorremediación, humedales, plan de manejo, sistema de tratamiento de aguas residuales (STAR), componentes terciario.

## INTRODUCCIÓN

**FRIGOCAFÉ S.A.** es una empresa privada, localizada en el Km 1 vía Calarcá en la zona de la María en Armenia. Es la concesión de sacrificio de ganado Bovino y Porcino de la Capital del Quindío<sup>1</sup>.

Frigocafé es una de las plantas de sacrificio de ganado en Colombia con mayor tecnología. Aquí se sacrifican reses y cerdos para gran parte del suroccidente colombiano, incluyendo 10 municipios del Quindío.<sup>2</sup>

En el proceso de la PTAR las aguas, salen con alta presencia de sólidos, esas llegan inicialmente por unos filtros de tratamiento de tipo biológico después de haber pasado por unas trampas de grasas y por un proceso de oxidación debido a la presencia de bacterias. Estas junto con el proceso de evacuación de estómagos que se compostan y se logra una descontaminación medida del 90%. Debido a que el proceso de la PTAR no llega al 100% de la descontaminación de las aguas residuales que provienen de la planta de sacrificio, Frigocafé decidió explorar tecnologías de bajo impacto para el medio ambiente y que no involucraran grandes obras de infraestructura, pero que sí fueran eficientes para controlar ese 10% restante. En el año 2013 Frigocafé decidió desarrollar un sistema de Humedales con el objetivo de biorremediar las aguas residuales que salen de la PTAR, para alcanzar el 99% de remoción o descontaminación hídrica.

La primera etapa de los humedales son 120 metros de recorrido con unos estanques en donde el agua pasa por unos filtros granulares. El efecto de esta primera etapa es la reducción de la presencia de sólidos y grasas, además sigue habiendo un proceso bacterial de consumo de los nutrientes que hay en el líquido por puro efecto de la contaminación de tipo orgánica.

---

<sup>1</sup> Frigocafe actividades de apoyo a la ganadería [en línea]. Armenia: Frigocafe, 2016 [consultado el 15 de febrero del 2016]. Disponible en Internet: <http://empresite.eleconomistaamerica.co/FRIGOCAFE-SA.html>.

<sup>2</sup> Planta de Frigocafé llegó al 99% de descontaminación de sus procesos industriales [en línea]. Armenia: La crónica del Quindío, 2014 [consultado el 15 de febrero del 2016]. Disponible en Internet: [http://www.cronicadelquindio.com/noticia-completa-titulo-planta\\_de\\_frigocaf\\_lleg\\_al\\_99\\_de\\_descontaminacin\\_de\\_sus\\_procesos\\_industriales-seccion-la\\_regin-nota-83105#comment\\_](http://www.cronicadelquindio.com/noticia-completa-titulo-planta_de_frigocaf_lleg_al_99_de_descontaminacin_de_sus_procesos_industriales-seccion-la_regin-nota-83105#comment_)

Después hay otro recorrido de 120 metros de humedales que son los canales que contienen las macrófitas. Se manejan 3 especies de macrófitas: una es de tipo papiro, una planta autóctona de la región y finalmente el buchón de agua.

En la segunda etapa con la presencia de estas especies se remueve al agua, nutrientes, y le devuelven el oxígeno. Después viene la tercera etapa de humedales que tiene un manejo paisajístico donde deben pasar por un sector estilo caracol y hacer un recorrido contrario a las manecillas del reloj, de ahí pasa por un canal que se asemeja un río, el cual realiza un recorrido de la figura a escala del colibrí de Nazca.

El efecto de la tercera etapa donde el agua está en una exposición de muy poca profundidad al sol y al aire, estos últimos activan microorganismos que favorecen la remoción de contaminantes orgánicos al agua. Finalmente llega a una cascada que se comunica con un lago y pasa a un canal donde finalmente el efluente va al río Quindío<sup>3</sup>.

En este sentido se elaboró una propuesta de plan de manejo con el objetivo de realizar un control de la calidad del agua, el crecimiento del buchón de agua, papiro chino, payande y la conservación de los humedales que se encuentran en la empresa Frigocafé s.a., ya que estos ecosistemas son muy importantes para la entidad, porque estos reservorios de fauna y flora depuran las aguas residuales, alcanzando niveles de remoción de DBO 97 % y SST 98%, generando aguas con mejores propiedades para consumo humano.

---

<sup>3</sup> Ibid., Disponible en Internet: [http://www.cronicadelquindio.com/noticia-completa-titulo-planta\\_de\\_frigocaf\\_lleg\\_al\\_99\\_de\\_descontaminacin\\_de\\_sus\\_procesos\\_industriales-seccion-la\\_regin-nota-83105#comment\\_](http://www.cronicadelquindio.com/noticia-completa-titulo-planta_de_frigocaf_lleg_al_99_de_descontaminacin_de_sus_procesos_industriales-seccion-la_regin-nota-83105#comment_)

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Por su naturaleza, los humedales son ecosistemas altamente dinámicos, sujetos a una amplia gama de factores naturales que determinan su modificación en el tiempo aún en ausencia de factores de perturbación. Sus atributos físicos, principalmente hidrográficos, topográficos y edáficos son constantemente moldeados por procesos endógenos tales como la sedimentación y la desecación y por fenómenos de naturaleza principalmente exógena, tales como avalanchas, el deslizamiento de tierras, las tormentas y vendavales, la actividad volcánica y las inundaciones tanto estacionales como ocasionales<sup>4</sup>.

La mayoría de las amenazas que afectan a los humedales, tienen que ver con actividades antrópicas que han generado alteraciones, en las funciones y estructuras de los ecosistemas acuáticos como son los humedales. Así por ejemplo el uso de las áreas colindantes a los cuerpos de agua como lugar de siembra de cultivos y pastoreo; los cambios completos o parciales de los regímenes hídricos de las cuencas que los abastecen (como por ejemplo cuando se realiza construcciones de obras civiles como puentes, edificios, carreteras, canales de contención y canalización), aumento en los sedimentos debido a la remoción de vegetación que estabiliza el suelo; introducción de especies invasoras (peces, plantas); ocupación de las zonas de inundación para vivienda, industria, recreación, cambios en la calidad del agua (contaminación por sustancias químicas, nutrientes, microorganismos y sedimentos)<sup>5</sup>.

Los principales problemas que se presentan en el proceso de biorremediación de aguas residuales mediante los humedales que posee Frigocafé s.a. en la tercera etapa, en el módulo de macrófitas flotantes, cuando el agua pasa por el módulo de macrófitas, el buchón de agua absorbe los nutrientes que posee el agua contribuyendo aumento de la biomasa del buchón de agua ocasionando la reducción del flujo de agua, la cantidad de oxígeno y crecimiento de otras plantas acuáticas, el Jacinto de agua puede ser utilizado como hospedero de larvas de

---

<sup>4</sup> CORREA, Juan Diego. Calidad del agua en humedales del plano de inundación del río Atrato. En: Ciencias Ambientales y Sostenibilidad CAS. Enero-junio, 2014, vol. 1, no. 1, p. 94 [consultado el 16 de febrero del 2016], Disponible en Internet: <https://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/CAA/article/download/16917/16758>.

<sup>5</sup> SERRANO, Claudia Cristina; PÁEZ RAMÍREZ, Andrés, et. al. Situación de los páramos en Colombia frente a la actividad antrópica y el cambio climático [en línea]. Bogotá D.C: Procuraduría Delegada para Asuntos Ambientales y Agrarios, 2007 [consultado el 6 de Julio del 2016], Disponible en internet: <http://asomuna.org/index.php/documentos/Medio%20Ambiente/Informe%20situacion%20de%20Los%20Paramos%20en%20Colombia.pdf/download>.



mosquito<sup>6</sup>, también impide la generación de los procesos de fotosíntesis ocasionando la disminución significativa del porcentaje de saturación del oxígeno disuelto.

## **1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿El diseño de un plan de manejo ambiental para los humedales de Frigocafé s.a., contribuirá a mejorar la calidad de agua de este efluente?

---

<sup>6</sup> ROBLES, Wilfredo y Madsen, John D. Jacinto de agua [*Eichhornia crassipes*] (Mart.) Solms [en línea]. San Juan: Universidad de puerto rico, 2015 [consultado el 16 de febrero de 2016], Disponible en Internet: [http://atlas.eea.uprm.edu/sites/default/files/Jacinto%20de%20agua-Eichhornia%20crassipes\\_0.pdf](http://atlas.eea.uprm.edu/sites/default/files/Jacinto%20de%20agua-Eichhornia%20crassipes_0.pdf).

## **2. JUSTIFICACIÓN**

Cada vez es más importante el manejo sostenible de los ecosistemas, no solo es normalmente más apropiado desde el punto de vista ambiental, sino que también es más productivo económicamente tanto para las poblaciones locales, comunidades, como para la sociedad en su conjunto.

Para lograr una adopción de decisiones más equilibrada, es fundamental que se reconozca toda la importancia de los humedales. Sin embargo no se ha tenido en cuenta esa información cuando se han tomado decisiones sobre el desarrollo económico y es por esto que seguimos destruyendo los humedales, Por lo tanto es de vital importancia que se transmitan los valores de los humedales en la sociedad, así como los beneficios de sus posibles usos, a los encargados de tomar las decisiones y al público de manera general.

Los humedales son los ecosistemas más productivos de la tierra, cumplen múltiples funciones como abastecimiento de agua (cantidad y calidad), pueden ser una extraordinaria oferta para la recreación y turismo, control de la erosión, recarga y descarga de acuíferos, retención de sedimentos y nutrientes, sirven de hábitat para la diversidad de flora y fauna, igualmente sirven de depuradores de aguas ya que Las plantas y los suelos de los Humedales eliminan las altas concentraciones de nitrógeno y fósforo en el agua, productos químicos tóxicos en el efluente, control de inundaciones por que actúan como esponjas acumulando y liberando muy lento el agua de lluvia. La combinación de estas funciones permite que los Humedales sean importantes en la sociedad.

La empresa Frigocafé s.a. En el proceso de la Ptar, logra que las aguas salgan con una descontaminación del 90%. Debido a que el proceso de la Ptar no llega al 100% de la descontaminación de las aguas residuales que provienen de la planta de sacrificio, entonces para el año 2012 se empezó a buscar alternativas que fueran compatibles con el medio ambiente. Una de las alternativas más viables fue la construcción e instalación de Humedales, ya que estos ecosistemas tienen la capacidad de depurar las aguas residuales. Generando en la empresa aguas con 97% de remoción de DBO y SST.

El objetivo principal de este proyecto es establecer una propuesta de plan de manejo con el fin de generar los lineamientos y las acciones necesarias que redunden en la conservación de los humedales de Frigocafé s.a.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Realizar una propuesta de plan de manejo ambiental para los humedales de la Empresa Frigocafé s.a. que genere los lineamientos de acción para la conservación del sistema.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar un diagnóstico ambiental inicial de la calidad del agua de los humedales de Frigocafé s.a.
- Proponer programas para el control de los impactos ambientales que se generan en el proceso de depuración de aguas residuales mediante los humedales artificiales de la empresa Frigocafé s.a.
- Proponer medidas de manejo para los humedales de la empresa Frigocafé s.a que contribuyan a la conservación del sistema.

## 4. MARCO DE REFERENCIA

### 4.1 MARCO CONCEPTUAL

- **ICA (índice de calidad de agua):** el índice de Calidad del agua (ICA) de la National Sanitation foundation (NSF), fue concebido con base en la características de los ríos norteamericanos. Las variables que involucra y los pesos que asigna a cada una de las características corresponden a la problemática específica de contaminación, propia de sus procesos productivos, la naturaleza de sus desechos, sus políticas públicas, sus normas y su idiosincrasia<sup>7</sup>.

Para la determinación del “ICA-NSF” se requieren de 9 parámetros, los cuales son:

- Coliformes Fecales (en NMP/100 mL).
- PH (en unidades de pH).
- Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO<sub>5</sub> en mg/ L).
- Nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> mg/L).
- Fosfatos (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> mg/L).
- Cambio de la Temperatura (°C).
- Turbidez (NTU).
- Sólidos disueltos totales (TDS mg/ L)<sup>8</sup>.

---

<sup>7</sup> BEHAR, Roberto; ZÚÑIGA, María del Carmen y ROJAS, Olga. Índice de calidad de agua [en línea]. En: Universidad del valle, Santiago de Cali. octubre, 2011, vol. 01, no. 1, p.18 [consultado el 5 de julio del 2016]. Disponible en Internet: <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/1489>.

<sup>8</sup> Índice de calidad del agua general [en línea]. San Salvador: Servicio nacional de estudios territoriales, 2012 [consultado el 16 de febrero del 2016]. Disponible en Internet: <http://www.snet.gob.sv/estudios/uploads/calculolCA.pdf>.

De acuerdo con el manual de monitoreo de calidad del agua, para estimar el Ica, cada parámetro mediante gráficas, programas, se determina el subíndice después de este paso se multiplica con el peso designado de acuerdo al manual, las sumas de todos estos resultados nos da el valor del Ica y la escala total para que el rango siga siendo del 0 a 100<sup>9</sup>.

Hay unos rangos de calificación, después de que se hacen los cálculos, se obtiene el valor del Ica y se compara con las rangos calificación cualitativos que se tiene para calidad de agua, para determinar si el agua cumple con los requerimientos necesarios, si el agua es mala, si el agua es buena todo dependiendo del valor que se obtuvo del Ica. En el Cuadro 1, se observa las categorías cualitativas relacionadas con los rangos cuantitativos.

**Cuadro 1. Rangos de clasificación del ICA según el criterio general**

CALIDAD DEL AGUA	COLOR	VALOR	CRITERIO GENERAL
EXCELENTE		91 a 100	NO CONTAMINADO
BUENA		71 a 90	ACEPTABLE
REGULAR		51 a 70	POCO CONTAMINADO
MALA		26 a 50	CONTAMINADO
PÉSIMA		0 a 25	ALTAMENTE CONTAMINADO

**Fuente:** REOLON, Luis. Índices de calidad de aguas [en línea]. [Consultado el 17 de febrero del 2016]. Disponible en Internet: <http://www.pnuma.org/agua-miaac/CODIA%20CALIDAD%20DE%20LAS%20AGUAS/MATERIAL%20ADICIONAL/PONENCIAS/PONENTES/Te.ma%203%20GRH%20Uruguay%20A%20Guarani/INDICES%20DE%20CALIDAD%20DEL%20AGUA%20SUPERFICIAL.pdf>. p. 25

➤ **Humedal:** de acuerdo con lo estipulado por la "Convención Relativa a los humedales de Importancia Internacional, Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas" realizada en 1971, más conocida como la Convención de Ramsar, un humedal se define como: "extensiones de marisma, pantanos, turberas, cuerpos de agua de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas, corrientes, dulces, salobres y saladas incluyendo las áreas de aguas marinas cuya profundidad en marea baja no exceda los seis metros".

<sup>9</sup> ORAM, Brian. Calculating NSF Water Quality Index [en línea]. Dallas: Water Research Center, 2014 [consultado el 17 de febrero del 2016], Disponible en Internet: <http://www.water-research.net/watrqualindex/index.htm>.

En otras palabras, los humedales son todos los ecosistemas cuyo componente fundamental es el agua, en torno a la cual se forman ambientes intermedios que varían entre permanentemente inundados y normalmente secos, estos sistemas incluyen, desde luego, todos los niveles de diversidad biológica que allí se puedan sustentar.

➤ **Biodiversidad en los Humedales:** cuando las condiciones ecológicas de los ambientes acuáticos no han sufrido alteraciones drásticas e irreversibles, se presenta en ellos una compleja red trófica, producto de su desarrollo evolutivo a través del tiempo y el espacio; la base de tal red se apoya en la existencia de una singular composición florística, situación que resulta atractiva para diversos grupos de fauna silvestre que aprovechan la oferta de refugio y concentración constante de alimento en la zona. Es muy probable que en cada uno de estos sistemas se encuentre algún nivel de endemismo biológico (organismos cuya distribución geográfica es restringida) aún sin descubrir, condición que aumentaría significativamente la importancia de ecosistemas de humedales. A Continuación veremos de forma resumida, los principales grupos de humedales en el Cuadro 2<sup>10</sup>.

➤ **Tipos de Humedales:** los humedales comprendidos en la definición de la Convención Ramsar son muy diversos y se han identificado en seis grandes sistemas:

---

<sup>10</sup> SOLER, Juan Pablo y LEÓN, Daniel. Impactos ambientales de la expansión de Palma Aceitera en el Magdalena Medio, hablan los pobladores [en línea]. Bogotá D.C: Corporación sembrar, 2009 [consultado el 17 de febrero de 2016]. Disponible en Internet: [http://prensarural.org/spip/IMG/pdf/Informe\\_de\\_Impactos\\_Ambientales\\_Version\\_FINAL.\\_1\\_.pdf](http://prensarural.org/spip/IMG/pdf/Informe_de_Impactos_Ambientales_Version_FINAL._1_.pdf).

**Cuadro 2. Clasificación de humedales naturales según la convención de Ramsar**

AMBITO	SISTEMA	SUBSISTEMA	CLASE	SUBCLASE
MARINO Y COSTERO	Marino	Submareal	Lecho acuático	Aguas marinas someras
			Arrecife	Lecho marino
		Intermareal	Roca	Arrecifes de coral
			No consolidado	Playas rocosas
	Estuarino	Submareal		Playas de arena y grava
				Aguas estuarinas
		Intermareal	No consolidado	Panos lodosos intermareales
			Emergente	Pantanos salados
	Lacustre/Palustre	Permanente/ Estacional		Manglares
				Lagunas salinas y salobres
INTERIOR	Fluvial	Perenne		Lagunas costeras y dulces
				Rios/arroyos permanentes
		Intermitente	Emergente	Delta interiores
				Rios/arroyos intermitentes
	Lacustre	Permanente		Planicies inundables
				Lagos dulces permanentes
		Estacional		Lagos dulces estacionales
				Lagos y pantanos salinos permanentes/estacionales
	Palustre	Permanente	Emergente	Pantanos y ciénagas dulces permanentes
				Turberas abiertas
				Humedales alpinos y de tundra
			Arbustivo	Humedales arbustivos
		Estacional	Boscoso	Bosque pantanoso dulce
				Turbera boscosa
	Geotérmico		Emergente	Ojos de agua, oasis
				Ciénaga estacional dulce
				Humedales geotérmicos

**Fuente:** CARMONA, Andrés Mauricio y MUÑOZ, Leonel Andrés. Plan de manejo ambiental para el humedal urbano lago Panamericano ubicado en la ciudad de Cali. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente, 2004. P. 36.

➤ **Funciones:** las interacciones de los componentes físicos, biológicos y químicos de un humedal, como los suelos, el agua, las plantas y los animales, hacen posible que desempeñe muchas funciones vitales, como por ejemplo: almacenamiento de agua; protección contra tormentas y mitigación de crecidas; estabilización de costas y control de la erosión; recarga de acuíferos (movimiento descendente de agua del humedal al acuífero subterráneo); descarga de acuíferos (movimiento ascendente de aguas que se convierten en aguas superficiales en un humedal); depuración de aguas; retención de nutrientes; retención de sedimentos; retención de contaminantes; estabilización de las condiciones climáticas locales, particularmente lluvia y temperatura.

➤ **Valores:** los humedales reportan a menudo beneficios económicos enormes, como por ejemplo: abastecimiento de agua (cantidad y calidad); pesca (más de dos tercios de las capturas mundiales de peces están vinculadas a la salud de las zonas de humedales); agricultura, gracias al mantenimiento de las capas freáticas y a la retención de nutrientes en las llanuras aluviales; madera y otros materiales de construcción; recursos energéticos, como turba y materia vegetal; recursos de

vida silvestre; transporte; un amplio espectro de otros productos de Humedales, incluidas hierbas medicinales; posibilidades de recreación y turismo<sup>11</sup>.

➤ **Productos:** los productos derivados de los humedales incluyen pescado, el arroz, madera de construcción, leña, aceite vegetal, sal, plantas medicinales, tallos y hojas para la fabricación de tejidos, y forraje para animales<sup>12</sup>.

➤ **Atributos:** los humedales tienen atributos especiales: - diversidad biológica: los humedales mantienen grandes poblaciones de aves (especialmente aves acuáticas), mamíferos, reptiles, anfibios, peces e invertebrados, así como numerosas especies de plantas incluyendo el arroz, la dieta principal de más de la mitad de la población mundial - patrimonio cultural: por ejemplo paisajes abiertos, flora y fauna silvestres, tradiciones<sup>13</sup>.

➤ **Conceptos importantes en relación con el manejo de los Humedales:** los humedales proporcionan recursos naturales de gran importancia para la sociedad. Por tal motivo, su manejo implica la necesidad de desarrollar su **uso racional** o **uso sustentable**. Este concepto ha sido definido como "la utilización sostenible que otorga beneficios a la humanidad de una manera compatible con el mantenimiento de las propiedades naturales del ecosistema".

Dado que el agua fluye naturalmente, existe una estrecha vinculación entre los ecosistemas acuáticos permanentes, los temporariamente húmedos y los terrestres adyacentes. Esto determina que los humedales son vulnerables a los impactos negativos de acciones que ocurren fuera de ellos. Por tal motivo, la conservación y el uso sustentable de los Humedales deben desarrollarse a través de un **enfoque integrado** que considere los distintos ecosistemas asociados.

---

<sup>11</sup> MANUAL DE LA CONVENCION DE RAMSAR: Guía a la Convención sobre los Humedales [en línea]. Ramsar, 2006. p. 10 [consultado el 17 de febrero del 2016]. Disponible en Internet: [http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib/lib\\_manual2006s.pdf](http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib/lib_manual2006s.pdf).

<sup>12</sup> MONGE ORTIZ, Ana María. Productos derivados de los humedales [en línea]. San jose: Área de conservación tortuguero, 2002 [consultado el 17 de febrero del 2016], Disponible en Internet: <http://www.acto.go.cr/index.php/es/biologia-y-ecosistemas/68-productos-derivados-de-los-humedales>.

<sup>13</sup> ¿Qué es la Convención de Ramsar sobre los Humedales? [en línea]. Zaragoza: L´auca, 2006 [consultado el 17 de febrero del 2016], Disponible en Internet: <http://www.grupolauca.com/pdf/22.pdf>.



Para el caso de los humedales continentales, resulta esencial referirse a las cuencas hidrográficas como unidades ambientales. Asimismo éstas influyen fuertemente a las zonas costeras marinas donde desembocan.

La herramienta más eficaz para lograr una gestión de humedales que promueva su conservación y utilización sustentable a través de un manejo integrado, es el desarrollo de **planes de manejo**. Estos pueden realizarse a diferentes escalas según el objetivo perseguido. Deben tener un enfoque interdisciplinario que, a través del conocimiento profundo de las características y funciones del humedal y los aspectos socio-económicos propios del área, examine los diferentes usos posibles del ambiente. Con el fin de que los planes de manejo sean realmente eficaces deben dar importancia a la participación de los diferentes sectores involucrados en la utilización de los recursos naturales y la comunidad local.

Finalmente, dado que los humedales son zonas dinámicas que presentan variabilidad temporal, los planes de manejo deben someterse a análisis y revisión permanente<sup>14</sup>.

➤ **Plan de manejo:** un plan de manejo es el conjunto detallado de actividades, que producto de una evaluación de impacto ambiental, está orientado a prevenir, mitigar, compensar y corregir los impactos o efectos negativos que se causan por el desarrollo de un proyecto, obra y actividad<sup>15</sup>.

Los PMA son documentos legales que permiten a la autoridad ambiental realizar el seguimiento requerido a las diversas empresas que lo requieren y adicionalmente, facilitan que las empresas que desarrollen los proyectos, tengan control sobre sus impactos ambientales y realicen un desarrollo armónico con su entorno. Adicionalmente estos estudios de PMA se constituyen en un documento técnico de obligatorio cumplimiento para los casos establecidos por la normatividad ambiental colombiana<sup>16</sup>.

---

<sup>14</sup> CONFERENCIA REGIONAL de Pautas para el Desarrollo Sustentable del Sitio Ramsar: Lagunas de Guanacache. (2da: 29-30, diciembre, 2003: San Luis, Argentina). Memorias. San Luis: Universidad Nacional de San Juan, 2003. 1 p.

<sup>15</sup> Plan de manejo ambiental [en línea]. SPDA, 2008 [consultado el 17 de febrero del 2016], Disponible en Internet: [http://legislacionambientalspda.org.pe/index.php?option=com\\_content&id=460&Itemid=3530\\_](http://legislacionambientalspda.org.pe/index.php?option=com_content&id=460&Itemid=3530_)

<sup>16</sup> Plan de manejo ambiental [en línea]. Bogotá D.C: E-qual, 2011 [consultado el 17 de febrero del 2016]. Disponible en Internet: <http://equalambiental.com/plan-de-manejo-ambiental-pma/>

Según el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, los principales criterios y enfoques que enmarcan la elaboración del PMA, son:

- Hacer énfasis en la prevención, como la más efectiva instancia de la gestión ambiental.
- Como instrumento de planificación, debe estar en concordancia con planes de desarrollo regional, local y el ordenamiento ambiental territorial, las políticas y perspectivas de los entes de planificación de desarrollo regional y local y de la Corporación Autónoma Regional respectiva.
- Ser consultado y concertado con las comunidades afectadas.
- Incluir las actividades propias del proyecto y las complementarias (Por ejemplo: vías, campamentos, estaciones, parqueaderos, explotación de materiales de construcción, obras sanitarias, escombreras, entre otras).
- Proponer alternativas de sistemas y tecnologías, con los últimos avances tecnológicos que hayan demostrado ser ambiental y económicamente viables.
- Incluir tres perspectivas: Etapa constructiva o implementación, etapa de operación y etapa de mantenimiento, cada una con sus respectivas obras complementarias.
- Contener políticas ambientales de la empresa propietaria del proyecto.
- Indicar georreferenciación y cartografía de las acciones propuestas.
- Los planes y programas comprendidos en el PMA, deberán identificar las expectativas que puede generar el proyecto con el fin de orientar de manera clara y oportuna a las entidades y a la comunidad sobre los verdaderos alcances del proyecto.

Para tal fin, se contemplará el diseño de una estrategia de información a nivel institucional y de comunicación con la comunidad.

Desde el punto de vista económico, se recomiendan los siguientes criterios para el diseño de un PMA:

- Eficiencia económica: la opción elegida para el manejo de impactos, debe realizarse al mínimo costo posible.
- Costo eficiencia: elegir la opción de costo mínimo para lograr un objetivo, estándar o nivel de desempeño ambiental.
- Eficacia ambiental: los resultados alcanzados por la gestión de impactos ambientales deben ser coherentes con los objetivos propuestos y los estándares de desempeño ambiental.
- Relación con el ciclo técnico: las medidas de manejo ambiental deben estar acordes con la etapa de desarrollo del proyecto.

El PMA generalmente, se organiza por componentes, con base en la evaluación de impactos, los cuales a su vez incluyen programas en los cuales se especifican las medidas de manejo ambiental<sup>17</sup>.

El plan de manejo de los impactos ambientales (PMI). O sea el conjunto de medidas que buscan prevenir o minimizar las consecuencias desfavorables del proyecto, de tal modo que se conserven, lo más fielmente posible, las condiciones ambientales iniciales o la situación previa sin proyecto. Incluye también las acciones que se deben tomar para potencializar o maximizar los beneficios que puede generar el proyecto.

El plan de monitoreo y seguimiento ambiental del proyecto (PMS). Es el plan de recolección sistemática de datos y de seguimiento ambiental del proyecto (vigilancia), que permite verificar las condiciones ambientales con proyecto y la efectividad de las medidas que se propusieron para el manejo de las consecuencias que este genera.

---

<sup>17</sup> Definición de plan de manejo ambiental [en línea]. Bogotá D.C: Wordpress, 2015 [consultado el 17 de febrero del 2016]. Disponible en Internet: <https://carlosvillalobossena.wordpress.com/>.

Plan de contingencias ambientales (PCT). Es el conjunto de acciones que se deben implementar para el manejo de los riesgos ambientales que puede generar el proyecto<sup>18</sup>.

## 4.2 MARCO TEÓRICO

**4.2.1 Planes de manejo para Humedales en Colombia.** Los humedales son ecosistema de una gran importancia para la sociedad, debido a las funciones ecológicas que proporcionan al planeta, pero debido a las actividades antrópicas que afectan a este reservorio de biodiversidad, se hace necesario la elaboración de planes de manejo ambiental que están orientados a mitigar, corregir y prevenir impactos ambientales negativos al medio ambiente.

Los planes de manejo tienen que realizar una descripción biofísica del área de influencia del proyecto, después realizar una evaluación de los posibles impactos, para los cuales se procederá a la elaboración de medidas de manejo para reducir la magnitud y probabilidad de ocurrencia del impacto, por ejemplo el plan de manejo ambiental para planta de concreto en la ciudad de Buenaventura se realiza descripción de las condiciones biofísicas generales del área de influencia del proyecto; así como la cualificación y cuantificación de los posibles impactos; los cuales se configuran como las bases principales para la formulación de las medidas de manejo que conforman el Plan de Manejo Ambiental<sup>19</sup>.

En otro trabajo investigación se elaboró un plan de manejo del humedal de Cañasgordas el cual tiene el objetivo de articular las acciones y programas que permitan la recuperación, conservación y uso sostenible de dicho humedal como ecosistema estratégico del municipio de Santiago de Cali: se implementarán acciones como: recuperar y conservar hidrológicamente el ecosistema del humedal, mejorar la calidad de agua del humedal Cañasgordas<sup>20</sup>.

---

<sup>18</sup> GÓMEZ AGUDELO, Mayeline. Plan de manejo de ambiental [en línea]. Bligoo.com, [Consultado el 18 de febrero del 2016], Disponible en Internet: <http://evaluaciondelimpactoambiental.bligoo.com.co/media/users/20/1033390/files/255491/PresentacionEIA6.pdf>.

<sup>19</sup> ALVARADO, Tatiana; GUZMÁN CASTRO, Mercedes y TORRES, Jesús Ernesto. Formulación del plan de manejo ambiental para planta de concreto en la ciudad de Buenaventura [en línea]. Buenaventura: Universidad Libre, 2010 [consultado el 18 de febrero del 2016]. Disponible en Internet: <http://www.unilibre.edu.co/revistaingeniolibre/revista9/articulos/Formulacion-del-plan-de-manejo-ambiental-para-planta-de-concreto-en-la-ciudad-de-Buenaventura.pdf>.

<sup>20</sup> MANCIPE, Ángela María; VÁSQUEZ CAMARGO, Claudia Marcela y VÁSQUEZ ZAPATA, Guillermo León. Plan de Manejo del humedal Cañasgordas [en línea]. Santiago de Cali: Alcaldía de Santiago de Cali, 2007 [consultado el 18 de febrero del 2016]. Disponible en Internet:

En otro estudio se realizó un plan de manejo para el humedal Juan Amarillo, el cual habla de mantener el hábitat en las condiciones necesarias para proteger a importantes especies, grupos de especies, comunidades bióticas o características físicas del medio ambiente, cuando ello exija cierto tipo de manipulación humana concreta para un manejo óptimo. Facilitar las investigaciones científicas y el monitoreo ambiental, como principales actividades asociadas al manejo sostenible de los recursos. Establecer áreas limitadas con fines educativos y para que el público aprecie las características de los hábitats en cuestión y de las actividades de manejo de la vida silvestre. Excluir, y por lo tanto prevenir, la explotación u ocupación hostiles a los propósitos de la designación. Aportar a las poblaciones que viven dentro del área designada beneficios que sean compatibles con los otros objetivos de manejo: se implementaran acciones como: El área debe desempeñar una función importante en la protección de la naturaleza y la supervivencia de especies (comprendiendo, según proceda, zonas de reproducción, humedales, arrecifes de coral, estuarios, praderas y pastizales, bosques o zonas de reproducción, incluidos los herbarios marinos), El área debe ser tal que en ella la protección del hábitat resulte esencial para el bienestar de especies de flora importantes a nivel nacional o local, o especies de fauna residentes o migratorias, La conservación de estos hábitats y especies dependerá de la intervención activa de la autoridad encargada del manejo, si es necesario a través de la manipulación del hábitat, El tamaño del área dependerá de las necesidades de hábitat de las especies que se han de proteger, y puede variar de relativamente pequeño a muy extenso<sup>21</sup>.

En otro proyecto relacionado sobre el plan de manejo del humedal la Vaca el cual se establecen las medidas necesarias, encaminadas al manejo y gestión integral del humedal de La Vaca, para garantizar la recuperación, restauración y conservación del humedal, acordes con sus características actuales y potenciales, como resultado de un proceso de planificación participativo, que permitan mantener los servicios ambientales y atributos biológicos, ecológicos y culturales de este ecosistema. Se implementan acciones como: Adquisición Predial Para La Recuperación Integral Del humedal de La Vaca, Identificación y eliminación de las conexiones erradas en los colectores y cuencas aferentes<sup>22</sup>.

---

[http://www.cali.gov.co/publico2/documentos/dagma/estudios\\_ambientales/PLANMANEJOCONTRA TOCONSULTORIA557\\_06\\_PARTE12007.pdf\\_](http://www.cali.gov.co/publico2/documentos/dagma/estudios_ambientales/PLANMANEJOCONTRA TOCONSULTORIA557_06_PARTE12007.pdf_)

<sup>21</sup> CAICEDO, Axel; BERNAL, Carlos; HIDALGO, Carlos, et. al. Plan de manejo ambiental humedal Juan Amarillo [en línea]. Bogotá D.C: Acueducto y alcantarillado de Bogotá D.C, 2010 [consultado 18 de febrero de 2016]. Disponible en Internet: [http://ambientebogota.gov.co/documents/10157/760385/PMA+UNIFICADO+JUAN+AMARILLO.pdf\\_](http://ambientebogota.gov.co/documents/10157/760385/PMA+UNIFICADO+JUAN+AMARILLO.pdf_)

<sup>22</sup> Plan de manejo humedal la Vaca [en línea]. Bogotá D.C: Alcaldía Mayor de Bogotá, 2008 [consultado 18 de febrero del 2016]. Disponible en Internet: [http://ambientebogota.gov.co/documents/21288/178057/PMA\\_LaVaca.pdf\\_](http://ambientebogota.gov.co/documents/21288/178057/PMA_LaVaca.pdf_)

En otro trabajo se realizó la revisión y ajuste de los planes de manejo ambiental de los humedales de Neuta, Tierra Blanca, Laguna de la Herrera y humedal el Yulo de acuerdo con lo establecido en la resolución 157 de 2004 del MAVDT, el cual se Realiza la revisión y ajuste de los Planes de Manejo Ambiental de los Humedales de Neuta, Tierra Blanca, Laguna de la Herrera y humedal El Yulo, Generar pautas de manejo para que sus bienes y servicios sean aprovechados en forma sostenible por la sociedad, Propender por la restauración de los procesos ecológicos del humedal. Asegurar la apropiación y uso sostenible del humedal. Se implementan acciones como: Caracterización Biofísica, Identificación de Problemática Ambiental<sup>23</sup>.

En otra investigación sobre el plan de manejo ambiental del humedal de Jaboque, el cual involucra a la comunidad barrial y educativa en todas las actividades, así como la formación del plan de manejo ambiental humedal Jaboque, líderes comprometidos en la protección y recuperación para garantizar la sostenibilidad ambiental y social del humedal y sumar adeptos a la causa de la defensa de la vida. Se implementan varias acciones como: Al tener en cuenta los Humedales de la sabana de Bogotá (entre ellos el Jaboque), se encuentra que son áreas importantes para las poblaciones de aves migratorias, por ser ambientes acuáticos ideales para la recuperación fisiológica de los desplazamientos geográficos, sitios en donde consiguen alimento, descanso y perchas de residencia, ya sea temporal o estacional. Representando por ende una conexión amplia de red de humedales a nivel mundial<sup>24</sup>.

En otra investigación del plan de manejo humedal Laguna de la Herrera, el cual su objetivo es conocer los componentes físico - bióticos de los mismos y sus interacciones. El restablecimiento de los procesos ecológicos de los Humedales conlleva la realización de diversas actividades (delimitación del saneamiento predial, restauración ecológica, reforestación y manejo de fauna silvestre), con el fin de mejorar la calidad ambiental de estos ecosistemas. Se implementan varias acciones: Evaluación Ambiental, Zonificación. Para el manejo del humedal, se establecieron los siguientes programas: recuperación de ecosistemas y hábitat, Manejo sostenible, Investigación, educación y concientización. Para la ejecución

---

<sup>23</sup> SALAZAR LÓPEZ, Liliana. Revisión y ajuste de los planes de manejo ambiental de los humedales de neuta, tierra blanca, laguna de la herrera y humedal el yulo de acuerdo con lo establecido en la resolución 157 de 2004 del MAVDT [en línea]. Bogotá D.C: Corporación Autónoma regional de Cundinamarca, 2006 [consultado 18 de febrero del 2016]. Disponible en Internet: <https://www.car.gov.co/index.php?idcategoria=75734&download=Y>

<sup>24</sup> Plan de manejo ambiental de Jaboque [en línea]. Bogotá D.C: Acueducto de Agua y alcantarillado de Bogotá, 2006 [consultado 18 de febrero del 2016]. Disponible en Internet: [http://ambientebogota.gov.co/documents/10157/2316609/Diagn%C3%B3stico+PMA+Humedal+Jaboque+06-13.pdf\\_](http://ambientebogota.gov.co/documents/10157/2316609/Diagn%C3%B3stico+PMA+Humedal+Jaboque+06-13.pdf_)

de los proyectos se estableció un horizonte de tiempo de diez años en los que las acciones a realizar durante los primeros tres años se definen de corto plazo.<sup>25</sup>

En otro estudio se realizó, el Plan de Manejo Ambiental de Techo, en el cual los humedales hacen parte de la Estructura Ecológica Principal, que en sus diferentes categorías comprende el sistema hídrico de la ciudad de Bogotá, de conformidad con los lineamientos determinados en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) y la Secretaría Distrital de Ambiente es la entidad encargada de la planificación, administración y monitoreo de las áreas protegidas del orden Distrital, con arreglo a las competencias y disposiciones establecidas en el presente Plan y su reglamentación, en las normas vigentes y, en particular, en las que rigen el Sistema Nacional Ambiental creado por la Ley 99 de 1993. Una de las acciones que se implementó en el humedal de techo fue la zonificación ambiental, la cual permite establecer a partir de un análisis integral ecosistémico y holístico, unidades de manejo en función de la similitud de sus componentes físicos, biológicos, socioeconómicos y culturales. Identificando los conflictos entre la oferta y la demanda ambiental, para proponer alternativas de lineamientos que ayuden en la toma de decisiones respecto a los objetivos de manejo del ecosistema.<sup>26</sup>

En otro documento el cual habla del plan de manejo del complejo de humedales de la Meseta de Popayán, en el cual se elaboraron mapas de La Meseta de Popayán, por municipio con los humedales inventariados en los niveles 1 y 2, en donde se procede posteriormente a realizar los recorridos planteados por el grupo de trabajo, para reconocer y corroborar la información existente del número de humedales su extensión y ubicación. Se implementaran varias acciones: Área de los humedales, Origen del humedal. El plan de manejo del complejo de humedales de la Meseta de Popayán, tiene como objetivo contribuir estratégicamente en la conservación, el uso y manejo racional del complejo de humedales de La Meseta de Popayán, con el propósito de salvaguardar y obtener beneficios ecológicos, económicos y socioculturales, como parte integral del desarrollo de la región<sup>27</sup>.

---

<sup>25</sup> SALAZAR LÓPEZ, Liliana. Humedal Laguna de la Herrera [en línea]. Bogotá D.C: Corporación Autónoma Regional Cundinamarca, 2006 [consultado 18 de febrero del 2016]. Disponible en Internet: <https://humedalessuescaylaherrera.files.wordpress.com/2012/11/pma-herrera-para-blog-revisado-para-blog.pdf>.

<sup>26</sup> Plan de manejo del humedal de Techo [en línea]. Bogotá D.C: Pontificia Universidad javeriana, 2007 [consultado 18 de febrero del 2016], Disponible en Internet: [http://ambientebogota.gov.co/c/document\\_library/get\\_file?uuid=8d20bde8-3f09-4c0f-aaf4-696350f4aef4&groupId=10157\\_](http://ambientebogota.gov.co/c/document_library/get_file?uuid=8d20bde8-3f09-4c0f-aaf4-696350f4aef4&groupId=10157_)

<sup>27</sup> Plan de manejo del complejo de Humedales de la Meseta de Popayán [en línea]. Popayán: Corporación Regional del Cauca [CRC], 2006 [Consultado 18 de febrero de 2016], Disponible en Internet: [http://crc.gov.co/files/ConocimientoAmbiental/PMH\\_meseta\\_popayan.pdf](http://crc.gov.co/files/ConocimientoAmbiental/PMH_meseta_popayan.pdf).

**4.2.2 Revisión de trabajos de PTAR en Colombia.** Los sistemas de tratamiento de aguas residuales son importantes para proteger la Salud Pública y el medio ambiente. Si las aguas residuales van a ser vertidas a un cuerpo receptor natural (mar, ríos, lagos), será necesario realizar un tratamiento para evitar enfermedades causadas por bacterias y virus en las personas que entran en contacto con esas aguas, y también para proteger la fauna y flora presentes en el cuerpo receptor natural. El reúso del agua tratada, riego de áreas verdes, riego de cultivos, uso Industrial y de servicios confirma que el tratamiento de las aguas residuales debe garantizar la inexistencia de efectos nocivos a la salud. Esto implica la evaluación de tratamientos utilizados en Colombia y el correcto aprovechamiento de los mismos en correlación con la normatividad vigente<sup>28</sup>. En el Cuadro 3 se muestra algunos datos de plantas de tratamiento de aguas residuales de mataderos y frigoríficos en Colombia y se compara con los datos de la empresa Frigocafé s.a.

**Cuadro 3. Parámetros físicos-químicos en las diferentes PTARS, En Colombia**

	PTAR MATADERO DE MACANAL	PTAR DE LA EMPRESA ENFRIADORA DE LA VALLENATA	PTAR DE FRIGORÍFICO FOGASA S.A	MATADERO DEL MUNICIPIO DE SAN ALBERTO	PTAR DE FRIGOCAFÉ S.A.
Coliformes fecales		54,000,000	6,000,000	92,000,000	584000
pH	6,87	6,89	8,137	7,758	8,4
DBO <sub>5</sub>	1056	315	2480	12000	664
Nitratos	220				380
Fosfatos	63	8,54	10,7	20,7	1060
Turbidez	900				779
Sólidos suspendidos Totales	62	106,6	550	10960	1000
Oxígeno Disuelto		2,2	3,16	4,55	12,15
Grasas y Aceites	59	80	3825	310	30,8
DQO	1482	474,1	5672	33440	139
Conductividad	2,11				

**Fuente:** Elaboración propia.

En el trabajo de la Ptar de Macanal se diseñó e implemento una unidad piloto de tratamiento biológico no convencional, para los vertimientos generados en el

<sup>28</sup> LIZARAZO, Jenny Milena y ORJUELA, Martha Isabel. Sistemas de plantas de tratamiento de aguas residuales en Colombia [en línea]. Trabajo de grado especialización en administración en salud pública. Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de medicina, 2013. 7 p. [consultado 9 de agosto del 2016]. Disponible en Internet: [http://www.bdigital.unal.edu.co/11112/1/marthaisabelorjuela2013.pdf\\_](http://www.bdigital.unal.edu.co/11112/1/marthaisabelorjuela2013.pdf_)



matadero del municipio de Macanal<sup>29</sup>. En otro trabajo de investigación relacionado con la Ptar de la empresa Enfriadora del Valle, Esta empresa posee un sistema de tratamiento de las aguas residuales que se ubica en la población de San Alberto, esta empresa presenta resultados de los parámetros sólidos suspendidos, grasas y aceites con un valor de remoción del 70.8 y 81.4 % respectivamente. En otro documento se encontró que en la Ptar del frigorífico Fogasa, se obtuvieron valores altos de Dbo<sub>5</sub>, por lo que el impacto sobre el cuerpo de agua receptor puede ser de riesgo para la diversidad biológica del mismo. En otra investigación se halló que en el matadero de san Alberto hay altas cargas contaminante en el medio acuático, en el documento se recomienda la construcción de una (star) sistema de tratamiento de aguas residuales y con un mantenimiento continuo<sup>30</sup>.

**4.2.2.1 Trabajos de frigoríficos con tratamiento terciario (Humedales).** En Colombia se está avanzando en el manejo de las aguas residuales mediante la utilización de humedales o lagunas de oxidación, como método de descontaminación hídrica para los cuerpos de agua. Las empresas que generan contaminación por sus procesos industriales, estando viendo viable y atractivo el tratamiento terciario con Humedales por su bajo costo, eficiencia y porque es un tratamiento biológico que no causa impacto al medio ambiente. A continuación se presenta trabajos con tratamiento terciario para la remoción de la materia orgánica.

En un estudio se trabajó con modelo a escala de humedales artificiales de flujo sub superficial (3 réplicas), en los cuales se utilizó una única especie de macrófita (*Typha dominguensis*), y un tiempo de residencia hidráulica de 5 días. Los humedales se instalaron como forma de post-tratamiento del sistema convencional de depuración, con el que actualmente se tratan los efluentes de un frigorífico de pescado, ubicado a orillas del arroyo Toledo.<sup>31</sup> En otra investigación se evalúa la implementación y uso de humedales artificiales como sistema de tratamiento de

---

<sup>29</sup> SIERRA RAMÍREZ, Deily Carol y VIVAS ALBARRACÍN, Carolina. Diseño e implementación de una unidad piloto de tratamiento biológico no convencional [en línea]. Trabajo de grado ingeniero ambiental. Bogotá D.C: Universidad La Salle. Facultad de ingeniería ambiental, 2005. 32 p. [consultado 9 de agosto del 2016], Disponible en Internet: <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/14755/00798156.pdf?sequence=1>.

<sup>30</sup> GUTIÉRREZ, Luis Carlos; VILLA, García y TRONCOSO OLIVO, Orlando Walberto. Caracterización de efluentes objeto de cobro de la tasa retributiva [en línea]. Barranquilla: Corpocesar, 2011. [consultado 9 de agosto del 2016]. Disponible en Internet: [http://www.corpocesar.gov.co/files/informe%20ejecutivo%202011.pdf\\_](http://www.corpocesar.gov.co/files/informe%20ejecutivo%202011.pdf_)

<sup>31</sup> PIÑEYRO, Marcelo. Experiencia piloto con humedales construidos: efectos de la estacionalidad de un ciclo anual en el tratamiento de efluentes de un frigorífico de pescado [en línea]. Trabajo de grado maestría en ciencias ambientales. Montevideo: Universidad de la república. Facultad de ciencias, 2014. 4 p. [consultado 1 de noviembre del 2016]. Disponible en Internet: [http://ambiente.fcien.edu.uy/tesis/Tesis\\_final\\_MACA%20Marcelo%20Pi%C3%B1eyro.pdf\\_](http://ambiente.fcien.edu.uy/tesis/Tesis_final_MACA%20Marcelo%20Pi%C3%B1eyro.pdf_)

las aguas residuales en la industria avícola, para mejorar las condiciones finales del agua tratada antes de su vertimiento final, de manera que no provoque un impacto negativo sobre la calidad de las aguas del cuerpo receptor, sino que también se posibilite su uso posterior a través de la recirculación disminuyendo así la cantidad de agua empleada, en procesos como el lavado de equipos y maquinaria.<sup>32</sup> En otro documento se propone una alternativa de tratamiento utilizando especies nativas de la región para la remoción de contaminantes de una forma económica, eficiente y acorde con el paisaje, en otras palabras un Humedal artificial<sup>33</sup>.

#### 4.3 MARCO LEGAL

En el siguiente marco legal se habla de las normas relacionadas con el proyecto del plan de manejo de Frigocafé, sistema de tratamiento de aguas residuales, como se puede apreciar en el Cuadro 4.

**Cuadro 4. Normas ambientales relacionadas con el proyecto de FRIGOCAFÉ**

<b>Norma</b>	<b>Descripción</b>
<b>Código Nacional de Recursos Naturales Dc. 2811 de 1974</b>	Establece lineamientos para conservación de reservas naturales.
<b>Decreto 1541 de 1978</b>	De las aguas no marítimas” y parcialmente la Ley 23 de 1973.

<sup>32</sup> ARENAS SHARIS, María Adriana del Pilar. Evaluación de Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales del sector industrial avícola [en línea]. Trabajo de grado especialista en ingeniería ambiental. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías físico químicas, 2010. 16 p. [consultado 1 de noviembre del 2016]. Disponible en Internet: <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7497/2/136094.pdf>.

<sup>33</sup> GARCÍA, Diego Alejandro y LEAL, Dianna Carolina. Desarrollo de un humedal artificial piloto con especies no convencionales para mitigar la contaminación generada por el vertimiento de aguas residuales provenientes del centro de visitantes del Parque Nacional Natural Amacayacu – Amazonas [en línea]. Trabajo de grado ingeniero ambiental. Bogotá: Universidad La Salle. Facultad de ingeniería ambiental, 2014. 21 p. [consultado 1 de noviembre del 2016]. Disponible en Internet: <http://repositorio.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/14844/T41.06%20G165d.pdf?sequence=1>.

**Cuadro 5. (Continuación)**

<b>Decreto 1594 de 1984</b>	Por el cual se reglamenta parcialmente el título I de la ley 9 de 1979, así como el capítulo II del título VI - parte III - libro II y el título III de la parte III - libro I - del decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.
<b>Constitución Política Nacional</b>	Reglamenta la protección de los recursos naturales como derecho colectivo y bien público; reglamenta y crea organismos de control.
<b>Ley 99 de 1993</b>	Crea Ministerio de Medio Ambiente, reordena el sector público encargado de la gestión ambiental, crea el SINA.
<b>Política Nacional Ambiental 1994- 1998</b>	Identificación, protección y recuperación de los Humedales a nivel nacional.
<b>Ley 165 de 1994 Ratificó</b>	Convenio Internacional sobre Diversidad Biológica firmado por Colombia.
<b>Ley 357 de 1997</b>	Ratifica la Convención RAMSAR.
<b>Política de Humedales Interiores de Colombia:</b>	Directrices de manejo a nivel nacional de los Humedales como áreas protegidas.

<b>Norma</b>	<b>Descripción</b>
<b>Resolución 157 de 2004 del Ministerio de Ambiente, Vivienda Desarrollo Territorial</b>	Directrices nacionales sobre áreas protegidas y recurso hídrico.
<b>Resolución 196 del 1 de febrero de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial</b>	Por el cual se adopta la guía técnica para la formulación de planes de manejo para Humedales en Colombia.
<b>Resolución 1238 de 2012</b>	Por la cual se adoptan medidas de protección de un ecosistema y se toman otras determinaciones
<b>Convención RAMSAR, 1971 Comunidad Internacional</b>	Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas.

**Cuadro 6. (Continuación)**

<b>Convenio Sobre la Diversidad Biológica, 1992 Comunidad Internacional</b>	Convenio de la Diversidad Biológica (Río de Janeiro, 1992).
<b>Decreto 1541 de 1978 Ministerio de Agricultura</b>	Por el cual se reglamenta la parte III del libro II del Decreto Ley 2811 de 1974; «De las aguas no marítimas» y parcialmente la Ley 23 de 1973. Normas relacionadas con el recurso agua. Dominio, ocupación, restricciones, limitaciones, condiciones de obras hidráulicas, conservación y cargas pecuniarias de aguas, cauces y riberas.
<b>Resolución 1128 de 2006 MAVDT</b>	Por la cual se modifica el artículo 10 de la resolución 839 de 2003 y el artículo 12 de la resolución 157 de 2004 y se dictan otras disposiciones.
<b>Decreto 1640 de 2012</b>	Por el cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones.

<b>Norma</b>	<b>Descripción</b>
<b>Decreto 1594 de 1984 Ministerio de Agricultura</b>	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título 1 de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la parte III - Libro I - del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del Agua y Residuos Líquidos. Los usos de agua en los Humedales, dados sus parámetros físicos-químicos son: Preservación de Flora y Fauna, agrícola, pecuario y recreativo. El recurso de agua comprende las superficies subterráneas, marinas y estuarinas, incluidas las aguas servidas. Se encuentran definidos los usos del agua así: a) Consumo humano y doméstico, b) Preservación de flora y fauna, c) Agrícola, d) Pecuario, e) Recreativo, f) Industrial, g) Transporte.
<b>Decreto 3930 de 2010</b>	El presente decreto establece las disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico, el Ordenamiento del Recurso Hídrico y los vertimientos al recurso hídrico, al suelo y a los alcantarillados.
<b>Decreto 1594 de 1984</b>	Se entenderá por tal las aguas superficiales, subterráneas, marinas y estuarinas, incluidas las aguas servidas.

**Cuadro 7. (Continuación)**

<b>Resolución 0631 del 2015</b>	Por lo cual se establecen los parámetros y valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.
-------------------------------------	---

**Fuente:** Elaboración propia.

## **5. METODOLOGÍA**

La estrategia implementada para la elaboración del proyecto consistió en emplear una metodología tipo práctica y experimental, se empleó la metodología de la ISO 14000 con el objetivo de hacer un aproximado de la situación ambiental en que se encuentra la empresa Frigocafé s.a. perteneciente al sector de los cárnicos; con el fin de revisar y describir los impactos ambientales que se generan en los procesos de la empresa Frigocafé s.a. Para dichos impactos se elaboró una propuesta de plan de manejo con el propósito de mitigar, compensar y prevenir los impactos ambientales negativos que se dan en los procesos de Frigocafé s.a. y se establecieron dentro de ese plan de manejo, acciones y programas con el objetivo de mejorar la situación ambiental de la empresa. Por último se utilizó la metodología de la convención Ramsar la cual sirve para trabajar con planes de manejo en humedales.

Se llevaron a cabo varias fases para el cumplimiento de los objetivos del trabajo de investigación las cuales fueron:

### **5.1 ZONA DE ESTUDIO**

La empresa Frigocafé s.a. se encuentra situada en el departamento de Quindío, en la localidad de Armenia y está localizada en el km 1 vía Calarcá, sector María, Armenia<sup>34</sup>. (Figura 1).

---

<sup>34</sup> Localización geográfica de Frigocafe s.a. [en línea]. Armenia: Frigocafe, 2016 [consultado el 22 de febrero del 2016], Disponible en Internet: <http://empresite.eleconomistaamerica.co/FRIGOCAFE-SA.html>.

**Figura 1. Ubicación geográfica de la empresa FRIGOCAFÉ S.A.**



**Fuente:** Frigocafé s.a. Localización geográfica de Frigocafé s.a. [en línea]. Armenia: Frigocafé s.a. [Consultado el 22 de febrero del 2016]. Disponible en internet: <http://empresite.eleconomistaamerica.co/FRIGOCAFÉ-SA.html>.

## **5.2 FASE DE DIAGNÓSTICO (RAI)**

Esta etapa hace referencia a la revisión ambiental inicial de la empresa y toda la información necesaria para determinar los aspectos ambientales, que se generan por determinado proceso y la persona encargada con este. Esta fase se realizó de acuerdo a la metodología propuesta por la ISO 14000.

Para la identificación de los aspectos ambientales, se realizaron recorridos por la planta de sacrificio de la empresa, con el propósito de encontrar cuales son los aspectos ambientales negativos que se producen en los procesos de la empresa; las herramientas necesarias para encontrar dichos aspectos ambientales fueron las listas de chequeo, la observación y entrevistas con el gestor ambiental de la empresa.

Las actividades realizadas en esta fase conllevan al cumplimiento del primer objetivo.

**5.2.1 Identificación de aspectos ambientales.** Para la identificación de los aspectos ambientales, se tuvieron en cuenta las actividades dentro de los procesos relacionados con el sacrificio y los tratamientos de aguas residuales.

- Llegada de los camiones
- Higiene en las operaciones de sacrificio del ganado
- Ubicar la pistola donde el cerebro esté más cerca de la superficie de la cabeza o donde el cráneo es más delgado.
- Separación del cuerpo del animal
- Evacuación de la sangre
- Retiro de cola y ano
- Retiro de órganos
- Identificar los lomos
- Despacho de la carne
- Lavado con agua caliente
- Limpieza de canal
- Despacho de carne
- Atrapar las partes solidas más gruesas
- Atrapar sólidos
- Llega el agua y se bombea hasta el tamiz
- Separa los sólidos mayores a 5 mm y el agua cae al tanque regulador
- Se regula el caudal para ingresar al FAFA1 a 2 litros por segundo
- Sistema biológico de tratamiento de las aguas residuales



- Bombeo 24/7
- Fito-remediación

### **5.3 FASE DE ANÁLISIS**

Después de la identificación de los procesos desarrollados por la empresa y la información recolectada de los aspectos ambientales, en la fase de revisión ambiental inicial, se realizó el análisis y jerarquización de los impactos ambientales, identificados dentro de las actividades o procesos de la empresa y se revisó la legislación para verificar cuales de estos aplica, en esta fase se realizó la evaluación ambiental de la empresa. Para esta fase se confrontó los resultados de los aspectos ambientales que son generados en los procesos de la empresa, con la normatividad ambiental vigente que para estos aplica, a partir de allí, se procesó y se analizó la información para la priorización de los aspectos e impactos ambientales más significativos.

**5.3.1 Determinación de los impactos ambientales.** Según los aspectos ambientales encontrados en la primera fase, se derivan uno o varios impactos ambientales negativos o positivos, que están asociados a los efectos de las actividades.

- Consumo de energía
- Generación de aguas residuales
- Generación de residuos sólidos
- Consumo de agua
- Generación de material particulado
- Generación de ruido
- Disminución incompleta de la carga contaminante
- Consumo de insumos

Se identificaron los aspectos e impactos ambientales, para después ser valorados con el propósito de determinar su peligrosidad al medio ambiente, y así establecer

medidas de mitigación, prevención y corrección; las cuales fueron elaboradas en los distintos programas del plan de manejo.

**5.3.2 Evaluación de los aspectos e impactos ambientales.** Para la evaluación de los aspectos e impactos ambientales, se realizó una valoración cualitativa la cual permite la calificación de los aspectos e impactos ambientales. Para realizar la calificación con los aspectos e impactos ambientales identificados en la fase anterior, se valoró conforme con los siguientes criterios que se presentan en el Cuadro 5.

**Cuadro 8. Criterios de evaluación para aspectos e impactos ambientales**

Criterio	Descripción	Calificación
Magnitud	Se define por el área del impacto.	3= cuando alcanza poblaciones. 2= cuando el alcance solo llega a las áreas del proceso. 1= puestos de trabajo.
Severidad	Grado de impacto	3=serio: cuando resulta en un daño severo al ambiente o la salud humana. 2=moderado: cuando se genera un impacto medio sobre los RN y ser humano, pero puede ser controlado por la empresa. 1=menor: cuando se presenta poco o ningún impacto.
Frecuencia	Que tan frecuente ocurre el impacto	3=continuo: El impacto ocurre de manera permanente. 2=Frecuente: El impacto ocurre más de una vez al mes. 1=Infrecuente: el impacto ocurre más de una vez al año, pero menos de una vez al mes.


Criterio	Descripción	Calificación
Permanencia	Cuánto dura o permanece el impacto en el ambiente	3=mayor a un mes 2=entre un día mes 1=menos un día
Criterios legales, reglamentarios y sociales	Se evalúan los impactos ambientales a partir de la afectación a la comunidad y trabajadores	3=Efecto grave al ambiente o la salud humana. 2=Efecto moderado al ambiente o la salud. 1= No afecta al ambiente o la salud.

**Fuente:** BENAVIDES, Rivera Verónica. Diseño del plan de gestión ambiental para la Industria Textil Aritex de Colombia S.A. Trabajo de grado. Ingeniería Ambiental [en línea]. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ciencias Básicas, 2015 [consultado 28 de octubre del 2016], Disponible de Internet: <https://red.uao.edu.co/bitstream/10614/7875/1/T05873.pdf>. p. 58.

Cada aspecto e impacto ambiental se evaluó con los criterios mencionados anteriormente, que tiene una ponderación numérica de 1 a 3. Con la suma total de

todos los criterios evaluados, se obtiene la calificación total para cada aspecto e impacto ambiental. Los aspectos e impactos ambientales con las calificaciones más elevadas se le dan una priorización y se les llama aspectos ambientales significativos, y a estos se les crean las estrategias o programas para su mitigación, control y prevención. En el Cuadro 6 se muestra los rangos para definir cuando un aspecto e impacto ambiental es significativo.

**Cuadro 9. Escala de significancia (La magnitud, severidad, frecuencia y permanencia de los impactos identificados y se clasifican en una escala de 1 a 3)**

Categoría de Significancia	Indicador Colorimétrico	Puntaje
Impacto ambiental significativo Alto	 Color Rojo	Iguales o mayores a 15 Criterio legal = 3 (No cumple)
Impacto ambiental significativo Medio	 Color Oro	Entre 12 – 14
Impacto ambiental significativo bajo	 Color Verde	Iguales o Menores a 11

**Fuente:** Los valores para calificar los aspectos ambientales se tomaron de las diapositivas de la asignatura GAE, dictado por la profesora Gloria Amparo Jiménez, p. 20, septiembre 11 del 2013.

## 5.4 FASE PROPOSITIVA

En esta fase se sintetizó la información recopilada durante la investigación y se utilizó con el propósito de crear una propuesta de plan de manejo ambiental en el cual se generaran las acciones de mitigación, compensación, prevención y corrección de los impactos ambientales dentro de la empresa, de acuerdo a las necesidades y condiciones que requiera esta. Esta fase está compuesta por objetivos, metas y programas de manejo ambiental, es la más importante para el desarrollo del trabajo ya que se generaron las propuestas de acuerdo a los resultados obtenidos de la revisión ambiental inicial para empezar a dar solución a los impactos ambientales de la empresa.

Mediante esta etapa se conjugó y se culminó la construcción del plan de manejo lo que permitió al cumplimiento de los objetivos 2 y 3.

## 5.5 MODELO RAMSAR

Este trabajo se realizó con la metodología de la convención Ramsar para planes de manejo en Humedales<sup>35</sup>.

### ➤ Descripción:

- Se realizó una descripción y diagnóstico de los diferentes aspectos y componentes que poseen los Humedales artificiales de Frigocafé s.a y su zona de influencia, para lo cual se va tener en cuenta las características hidrobiológicas de la zona de estudio.
- Se delimitó el área de estudio del humedal mediante gps o google maps que permitió de graficar e identificar el espacio donde se encuentra el Humedal.

### ➤ Evaluación:

- Se valoraron las principales características del sitio.

### ➤ Plan de acción:

- Objetivos operacionales del plan para mejorar las condiciones Hidrobiológicas, ecológicas y paisajísticas de los Humedales artificiales de Frigocafé s.a.
- Generar programas, planes y proyectos orientados al manejo, uso racional y mejoramiento del recurso hídrico de los Humedales artificiales de Frigocafé s.a.

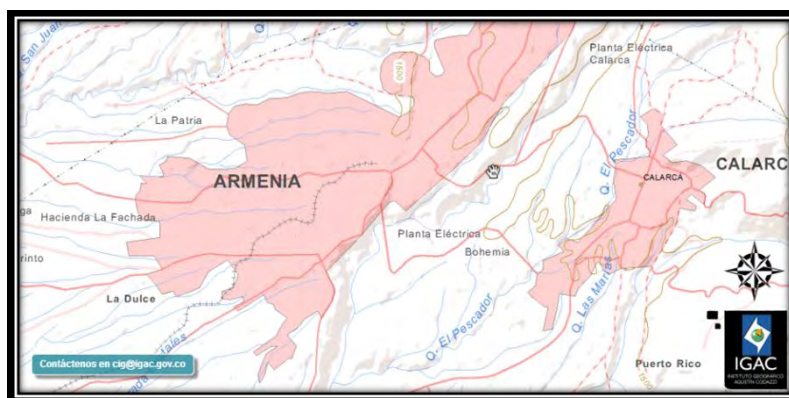
---

<sup>35</sup> MANEJO DE HUMEDALES: Marcos para manejar humedales de importancia internacional y otros humedales [en línea]. 4ed. Ramsar, 2010. p. 58 [consultado 7 de julio de 2016]. Disponible en internet: <http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib/hbk4-18sp.pdf>.

## 5.6 DESCRIPCIÓN

**5.6.1 Zona de estudio.** La planta sacrificio animal de bovinos y porcinos “Frigocafé”, ubicado en el Municipio de Armenia, Departamento del Quindío, en el kilómetro 1 de la vía Armenia - Calarcá en el costado derecho a unos 100 m de la vía en terreno pavimentado hasta la portería de entrada, en las coordenadas según levantamiento topográfico Norte: 0992911, Este: 1156760, equivalente según el portal del Instituto Colombiano Agustín Codazzi a la siguiente espacialidad<sup>36</sup>. (Figura 2)

**Figura 2. Ubicación espacial del proyecto de los Humedales de FRIGOCAFÉ**



**Fuente:** Frigocafé s.a. Plan de gestión de riesgo para el manejo de vertimientos. Armenia, 2016. p. 11.

En mayo de 2005, se construyó una nueva área donde se brindan los servicios de refrigeración. Dicha modificación se hizo con el fin de ofrecer nuevos y mejores servicios, optimizando el proceso de producción, mejorando el aprovechamiento de la carne dándole un valor agregado a la misma que a su vez se manifiesta en la calidad del producto final, beneficiándose el cliente y el consumidor que día a día exige un producto en mejores condiciones<sup>37</sup>.

El 14 de mayo del año 2006 la empresa Frigocafé s.a., obtiene la clasificación tipo II otorgada por el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos

<sup>36</sup> Frigocafe s.a. Plan de gestión de riesgo para el manejo de vertimientos. Armenia, 2016. 1 archivo de computador.

<sup>37</sup> Frigocafe s.a. Tratamiento terciario de aguas residuales. Armenia, 2013. 1 archivo de computador

Invima para plantas de sacrificio, gracias a la implementación de tecnología de punta y al avance significativo en las buenas prácticas de manufactura<sup>38</sup>.

Hoy en día la planta de sacrificio administrada por la empresa Frigocafé s.a., reformó los procesos de manejo sanitario y ambiental, cumpliendo de esta manera con los lineamientos de la normatividad vigente que establece el sistema de aseguramiento de la inocuidad para el beneficio de ganado bovino y porcino<sup>39</sup>.

### **5.6.2 Sistema biológico de los Humedales artificiales de FRIGOCAFÉ S.A.**

➤ **Tratamiento terciario:** primera etapa, filtros granulares: la primera etapa de tratamiento terciario mediante humedales está compuesta por tres módulos de filtración y cinco filtros granulares por módulo. Se realiza a través de filtros granulares de flujo horizontal continuo.

El área de filtros granulares se compone de 3 módulos de filtración y cada módulo está compuesto por 5 filtros granulares.

El lecho filtrante tiene diferente granulometría en cada etapa de la filtración, es decir, en el primer filtro del primer módulo se emplea piedra de río de un calibre de 4 unidades por kilo hasta llegar al último filtro, del módulo 3, que tiene 2.000 Unidades por kilo.

Cada módulo de filtración tiene una capacidad de acumulación de aproximadamente de 110m<sup>3</sup> que equivale a un día promedio de sacrificio.

El caudal constante durante las 24 horas es de 1,2 L/s. Este caudal es sostenido durante los 7 días a la semana.

El tiempo de residencia de las aguas en los filtros granulares es de 72 Horas<sup>40</sup>.

---

<sup>38</sup> Ibid.,

<sup>39</sup> Ibid.,

<sup>40</sup> Ibid.,

➤ **Segunda etapa, Filtros de macrófitas emergentes:** la segunda etapa está compuesta por tres filtros de macrófitas. Los humedales naturales tienen una gran cantidad de organismos vivos que interactúan, dentro de todas estas especies se encuentran las plantas macrófitas.

Las plantas macrófitas tienen la condición natural de consumir materia orgánica disuelta en el agua y de inyectar oxígeno al medio acuático a través de sus raíces.

Los filtros de macrófitas emplean plantas que tengan condiciones especiales de absorción de materia orgánica y de mejoramiento del oxígeno disuelto en el medio acuático.

Las especies utilizadas en este proyecto son la leguminosa comúnmente llamada payande (*Pithecellobium lanceolatum Benth*) y papiro chino (*Cyperus papyrus*)<sup>41</sup>.

➤ **Tercera etapa, Filtros de macrófitas flotantes:** son 6 módulos de filtración a través de la planta macrófita denominada (*Eichhornia crassipes*) o Buchón de agua, una de las características principales de esta planta es que tienen la condición natural de consumir materia orgánica disuelta en el agua y de inyectar oxígeno al medio acuático a través de sus raíces. Cada uno de estos módulos de ancho mide 50 cm y el largo es de 6 m, la profundidad de los módulos 1,2 y 3 es de 90 cm mientras que los módulos 4,5 y 6 es de 60 cm. Además cada módulo está separado por filtros hechos con piedra<sup>42</sup>.

## 5.7 BIODIVERSIDAD

Las características climáticas y la localización del departamento del Quindío han generado en el territorio unas condiciones favorables para el desarrollo de la biodiversidad. El departamento del Quindío a pesar de contar con menos del 1% del territorio nacional, posee una gran variedad de ecosistemas, comprendidos entre los 950 metros de altitud en el río la vieja hasta los 4700 metros sobre el nivel del mar en el paramillo del Quindío<sup>43</sup>. En los ecosistemas del departamento

---

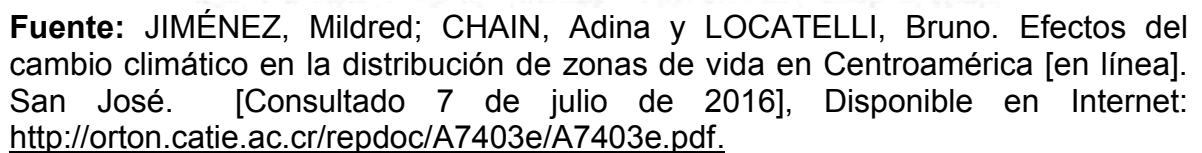
<sup>41</sup> Ibíd.,

<sup>42</sup> Ibíd.,

<sup>43</sup> GARCÍA, Alba Lorena; ARBELÁEZ, Javier Antonio; RAMÍREZ, Mónica Patricia Yerly y MARTÍNEZ, Andrés. Informe del estado actual de los recursos naturales y el ambiente 2011 [en línea]. Armenia: Contraloría, 2011. [consultado el 28 de marzo de 2016], Disponible en internet:

➤ **Zonas de vida:** para los humedales de Frigocafé s.a. y teniendo en cuenta las formaciones vegetales según la clasificación de Holdridge, en el cuadro 6 se presentan las siguientes zonas de vida: (Ver Figura 3).

DIAGRAMA PARA LA CLASIFICACIÓN DE ZONAS DE VIDA O FORMACIONES VEGETALES DEL MUNDO  
POR: L.R. Holdridge



<http://contraloria-quindio.gov.co/apc-aa-files/61316431643234636130323739666637/informe-final-estado-de-la-recursos-naturales-y-el-ambiente-quindio-2011.pdf>.

56



de Armenia y parte de la zona central del Calarcá, en el área cafetera de estos municipios.<sup>45</sup>

➤ **Riqueza Biológica:** las condiciones climáticas para la Subcuenca producen como resultado en el territorio un mosaico de condiciones favorables para el desarrollo de la biodiversidad albergando aproximadamente gran cantidad de especies de fauna representados en aves, mamíferos, peces y especies de flora, todo esta diversidad biológica asociada a ecosistemas de páramo, bosque andino, humedales, guaduales<sup>46</sup>.

➤ **Fauna:** la información disponible sobre la biodiversidad de los humedales de Frigocafé s.a., está íntimamente relacionada con la fauna de la parte media subcuenca del río Quindío por la vía Calarcá, zona la María. Ya que en la parte de los Humedales en el tratamiento terciario hay un canal que se comunica con el río Quindío y la empresa esta aledaña a la subcuenca del río Quindío.

Sobre los murciélagos se tiene claro que la composición taxonómica y la abundancia en el Cañón Quindío está estrechamente relacionada con la fuente alimenticia; la categoría frugívora es la más importante seguida por la insectívora y por la polinivora-nectarívora<sup>47</sup>.

Poblaciones de mono aullador fueron estudiadas en la Hacienda el Bosque en el Quindío, la reducción del hábitat y la escasa conectividad de los parches de selva andina incrementan la vulnerabilidad de las manadas. La presencia de manadas de mono en la vereda Boquía de Salento ha sido reportada por el Grupo de observadores de fauna en la reserva la Patasola, asociados con guaduales bien conservados<sup>48</sup>.

---

<sup>45</sup> Plan de manejo subcuenca río Quindío [en línea]. Armenia: Corporación regional del Quindío, 2011 [Consultado 2 de marzo de 2016], Disponible en Internet: [https://www.crq.gov.co/Documentos/POMCH/PLAN%20DE%20MANEJO%20SUBCUENCA%20RIO%20QUINDIO%202011,%20FINAL%20DIC.pdf\\_](https://www.crq.gov.co/Documentos/POMCH/PLAN%20DE%20MANEJO%20SUBCUENCA%20RIO%20QUINDIO%202011,%20FINAL%20DIC.pdf_)

<sup>46</sup> Ibíd., Disponible en Internet: [https://www.crq.gov.co/Documentos/POMCH/PLAN%20DE%20MANEJO%20SUBCUENCA%20RIO%20QUINDIO%202011,%20FINAL%20DIC.pdf\\_](https://www.crq.gov.co/Documentos/POMCH/PLAN%20DE%20MANEJO%20SUBCUENCA%20RIO%20QUINDIO%202011,%20FINAL%20DIC.pdf_)

<sup>47</sup> Ibíd., Disponible en Internet: [https://www.crq.gov.co/Documentos/POMCH/PLAN%20DE%20MANEJO%20SUBCUENCA%20RIO%20QUINDIO%202011,%20FINAL%20DIC.pdf\\_](https://www.crq.gov.co/Documentos/POMCH/PLAN%20DE%20MANEJO%20SUBCUENCA%20RIO%20QUINDIO%202011,%20FINAL%20DIC.pdf_)

<sup>48</sup> Ibíd., Disponible en Internet: [https://www.crq.gov.co/Documentos/POMCH/PLAN%20DE%20MANEJO%20SUBCUENCA%20RIO%20QUINDIO%202011,%20FINAL%20DIC.pdf\\_](https://www.crq.gov.co/Documentos/POMCH/PLAN%20DE%20MANEJO%20SUBCUENCA%20RIO%20QUINDIO%202011,%20FINAL%20DIC.pdf_)

➤ **Invertebrados:** en cuanto al conocimiento sobre los invertebrados, las especies que se encuentra principalmente en los humedales de Frigocafé s.a. son las libélulas, las mariposas, mariquitas, escarabajos, orugas, gusanos y las hormigas (*Hymenoptera Formicidae*), en el departamento del Quindío se han encontrado 6 subfamilias, 24 géneros, 65 especies con diversidad de hábitats y dietas, demostrando relaciones de mutualismo entre plantas y hormigas<sup>49</sup>. En las Figuras 4 y 5 se pueden observar algunos insectos que se encuentra en los humedales de la empresa Frigocafé.

**Figura 4. Tetragonisca Angustula, Registrada en los Humedales de FRIGOCAFÉ**



**Fuente:** ROJAS DAVID. Humedales de Frigocafé. [Imagen]. 2016.

---

<sup>49</sup> GARCÍA, Alba Lorena; ARBELÁEZ, Javier Antonio; RAMÍREZ, Mónica Patricia Yerly y MARTÍNEZ, Andrés. Óp., cit., Disponible en internet: <http://contraloria-quindio.gov.co/apc-aa-files/61316431643234636130323739666637/informe-final-estado-de-la-recursos-naturales-y-el-ambiente-quindio-2011.pdf>.

**Figura 5. Anipsotera, registrada en los Humedales de FRIGOCAFÉ**



**Fuente:** ROJAS DAVID. Humedales de Frigocafé. [Imagen] 2016.

➤ **Anfibios:** se ha encontrado información de 39 especies de anfibios pertenecientes a 9 familias y tres órdenes (Anura-ranas y sapos-caudata-salamandras y gymnophiona-ceciliias), de las especies que se hallaron en los humedales fueron ranas, sapos, salamandras e iguanas.<sup>50</sup> En las Figuras 6 y 7 se evidencia el registro fotográfico de anfibios que se encontraron en los alrededores de los humedales de la empresa Frigocafé.

---

<sup>50</sup> Ibíd., Disponible en internet: <http://contraloria-quindio.gov.co/apc-aa-files/61316431643234636130323739666637/informe-final-estado-de-la-recursos-naturales-y-el-ambiente-quindio-2011.pdf>

**Figura 6. Ctenosaura Similis, registrada en los humedales de FRIGOCAFÉ**



**Fuente:** ROJAS DAVID. Humedales de Frigocafé. [Imagen] 2016.

**Figura 7. Especie iguana verde, registrada en los humedales de Frigocafé**



**Fuente:** ROJAS DAVID. Humedales de Frigocafé. [Imagen] 2016.

➤ **Mamíferos:** en el departamento del Quindío se reportan 87 mamíferos de los cuales 48 especies son murciélagos. Entre las especies de mamíferos sobresalen los macromamíferos terrestres: Cusumbu (*Nasua nasua*), Lobo (*Cannis thous*), chuchas (*Didelphis marsupialis*), Ardillas (*Sclurus granatensis*), Armadillos (*Dasypus novemcinctus*), Guatín (*Dasyprocta punctata*), en la zona media de la

cuenca. Las mismas especies se encuentran también distribuidas en el resto de la cuenca<sup>51</sup>.

➤ **Flora:** la flora para la Subcuenca es biodiversa, en la parte alta según inventarios realizados han determinado la presencia de 175 familias botánicas y más de 1600 especies de plantas, sin incluir musgos, líquenes y hepáticas<sup>52</sup>.

Para el departamento del Quindío y los Andes centrales, se obtiene un reporte aproximado de 3000 especies de flora, reportando 206 familias, de las cuales 6,1% (180 especies) pertenecen a helechos o plantas afines, 0,19% a gimnospermas o pinos colombianos, Orchidaceae (200 spp), 506 de monocotiledones y 2236 especies de angiospermas Dicotledoneas (74,55%), representadas mayormente por las familias Asteraceae (200 spp), Rubiaceae (115 spp), Solanaceae (97 spp), Lauraceae (75 spp), Melastomataceae (70 spp), Leguminosae (60 spp), piperaceae (60 spp), Euphorblaceae (50 spp), Ericaceae (45 spp)<sup>53</sup>.

## 5.8 CONDICIÓN ECOLÓGICA

➤ **Tamaño del Humedal:** los humedales de Frigocafé s.a son cuerpos de agua de carácter lotico, de poca extensión que no hace parte de complejos de humedales mayores, se encuentra interconectado con la Subcuenca del río Quindío en la parte media de la cuenca en el municipio de Calarcá. El terreno en donde está construido, el sistema de tratamiento terciario es de 10.000 a 12.000 metros cuadrados, en dimensiones de 80 X 150 metros aproximadamente o zonas largas irregulares de más de 30 metros.

➤ **Diversidad Biológica:** las características ecológicas, hidrológicas, paisajísticas y climáticas de estos humedales establecen la existencia de un

---

<sup>51</sup> Ibíd., Disponible en internet: <http://contraloria-quindio.gov.co/apc-aa-files/61316431643234636130323739666637/informe-final-estado-de-la-recursos-naturales-y-el-ambiente-quindio-2011.pdf>

<sup>52</sup> Plan de manejo subcuenca río Quindío [en línea]. Óp., cit., Disponible en Internet: <https://www.crq.gov.co/Documentos/POMCH/PLAN%20DE%20MANEJO%20SUBCUENCA%20RIO%20QUINDIO%202011,%20FINAL%20DIC.pdf>

<sup>53</sup> GARCÍA, Alba Lorena; ARBELÁEZ, Javier Antonio; RAMÍREZ, Mónica Patricia Yerly y MARTÍNEZ, Andrés. Óp., cit., Disponible en internet: <http://contraloria-quindio.gov.co/apc-aa-files/61316431643234636130323739666637/informe-final-estado-de-la-recursos-naturales-y-el-ambiente-quindio-2011.pdf>



ecosistema muy diverso con mucha variabilidad de hábitats y diversidad de especies. En general se puede decir que la diversidad de hábitats en este humedal es alta en relación con los insectos ya que se encuentra libélulas, mariposas, como se puede apreciar en las Figuras 8, 9 y 10, demostrando que el agua está en buenas condiciones, ya que estos organismos son bioindicadores de calidad de agua y son altamente sensibles a las variaciones de la calidad del entorno.

**Figura 8. *Lycaena Phlaeas*, registrada en los humedales de Frigocafé**



**Fuente:** ROJAS DAVID. Humedales de Frigocafé. [Imagen] 2016.

**Figura 9. *Enallagma Cyathigerum*, registrada en los Humedales de Frigocafé**



**Fuente:** ROJAS DAVID. Humedales de Frigocafé. [Imagen] 2016.

**Figura 10. Uracis Imbuta, registrada en los Humedales de FRIGOCAFÉ**



**Fuente:** ROJAS DAVID. Humedales de Frigocafé. [Imagen] 2016.

➤ **Áreas de conservación:** en el municipio de Calarcá durante el año 2011 se realizaron contratos para administración y manejo de los predios de conservación (Art. 111 de la ley 99 de 1993). Con la corporación Engranaje global, la CRQ realizó un contrato para elaborar los planes de manejo ambiental de los predios de conservación del municipio, y Calarcá ejecuto un contrato con la fundación panorama ambiental para el mantenimiento de plantaciones forestales protectoras de trece hectáreas en los predios la floresta Aurora, Encenillo y el madroño de la vereda del castillo y el cebolial del municipio de Calarcá<sup>54</sup>.

## **5.9 EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA**

➤ **Valor estético, social, económico y cultural:** este espacio es considerado como una zona de manejo paisajístico, donde el visitante aprende sobre los procesos de bioremediación con humedales y quiera replicarlo. Se han potencializado sus características de contemplación mediante mecanismos de recuperación paisajística como el Caracol Funcional Levógiro, Colibrí Nazca Funcional como se pueden ver en las Figuras 11 y 12, y la cascada de aireación

---

<sup>54</sup> Ibíd., Disponible en internet: <http://contraloria-quindio.gov.co/apc-aa-files/61316431643234636130323739666637/informe-final-estado-de-la-recursos-naturales-y-el-ambiente-quindio-2011.pdf>

para que los visitantes puedan aprender y contemplar el sitio. Desde el punto ambiental es viable la realización del proyecto, ya que el sistema de tratamiento de aguas residuales de Frigocafé, se ubica en un ambiente propicio para su funcionamiento ya que las viviendas cercanas al sitio están 100 m de distancia. Desde la parte económica el proyecto Frigocafé s.a. con humedales mejora el recurso hídrico de la subcuenca del río Quindío, dejándoles agua de mejor calidad a las poblaciones de Armenia y Calarcá.

**Figura 11. Caracol levogiro, registrada en los Humedales de FRIGOCAFÉ**



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 12. Caracol Destrogiro, registrada en los Humedales de FRIGOCAFÉ**



**Fuente:** Elaboración propia.



➤ **Educación e investigación:** en términos de uso del ecosistema este se puede priorizar, como un humedal con vocación para la educación ambiental y recreación pasiva, ya que este ecosistema es utilizado como espacio de aprendizaje sobre procesos de biorremediación con humedales, asesorías sobre construcción e implementación de humedales artificiales y explicación sobre la fauna y flora que posee el humedal.

➤ **Población:** con respecto a la población perteneciente a los humedales de Frigocafé s.a. se puede encontrar actores directos. Los actores directos son aquellos que se encuentran ubicados o cercanos a la zona de la empresa y pertenecen a los municipios de Calarcá y Armenia.

Basados en las proyecciones del Dane, la población de la subcuenca del río Quindío para el año 2009 se calcula en 443.240 habitantes, de los cuales el 90,27% se encuentra en las cabeceras municipales y el 9,73% restantes en la zona rural. De los cuales 369.740 de habitantes hacen parte de la población directamente afectada o beneficiada por la subcuenca río Quindío<sup>55</sup>, como se puede apreciar en el Cuadro 7.

**Cuadro 10. Población Aledaña a los Humedales de FRIGOCAFÉ S.A.**

Departamento del Quindío	Municipio	Población (DANE, 2016)
Actores directos	Calarcá	18.001
	Armenia	8.010
	<b>Total</b>	<b>26.011</b>

**Fuente:** Proyecciones de población [en línea]. Bogotá D.C: Dane, 2016 [consultado 30 de marzo de 2016]. Disponible en Internet: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion>.

En el Cuadro 7 se muestra la población de los municipios que están aledaños a la empresa Frigocafé s.a., en las aproximaciones del Dane, 2016. Se abarcan los

<sup>55</sup> Plan de manejo subcuenca río Quindío [en línea]. Óp., cit., Disponible en Internet: <https://www.crq.gov.co/Documentos/POMCH/PLAN%20DE%20MANEJO%20SUBCUENCA%20RIO%20QUINDIO%202011,%20FINAL%20DIC.pdf>.

municipios de Calarcá y Armenia que son los que se benefician de los humedales de Frigocafé s.a., los cuales suman un total de 26.011 habitantes<sup>56</sup>.

## **5.10 DISEÑO EXPERIMENTAL**

Para el desarrollo del proyecto se realizó una salida de campo previa al área objeto de estudio, para determinar las estaciones donde se realizó los muestreos y la captura de los datos. Estos puntos se escogieron para saber cuál es el trabajo de la Ptar, y los humedales para remover las sustancias contaminantes que provienen de la planta de sacrificio (matadero) y también poder recoger las muestras del todo el perímetro de los Humedales.

Se definieron 6 puntos de muestreos de los cuales el primer punto de muestreo fue ubicado en la Ptar, y los otros cinco fueron ubicados en los distintos componentes del sistema de humedales de Frigocafé s.a., Debidamente geo-referenciado con las siguientes coordenadas: punto de muestreo 1 (4° 31' 58"N y 75° 39' 50"O), punto de muestreo 2: (4° 31' 46"N y 75° 39' 58"O), punto de muestreo 3: (4° 31' 46"N y 75° 39' 58"O), punto de muestreo 4: (4° 31' 46"N y 75° 39' 58"O), punto de muestreo 5: (4° 31' 46"N y 75° 39' 54"O), punto de muestreo 6: (4° 31' 46"N y 75° 39' 54"O).

Se realizaron tres salidas de campo para tomar las muestras de agua en el mes de abril en la fechas del 14, 20 y 27 del 2016. En total se alcanzaron a recoger 18 muestras de agua para su posterior análisis en el laboratorio de Ciencias Ambientales de la Universidad Autónoma de Occidente.

**5.10.1 Descripción de los puntos de muestreo.** Punto 1 Salida del tratamiento primario: se encuentra ubicado al norte de los humedales, se caracteriza por que es donde entran inicialmente las aguas residuales crudas, para su posterior tratamiento para la remoción de la materia orgánica, y sustancias contaminantes, en esta área entra muchos residuos biológicos: sangre, materia orgánica y residuos de animales. En la Figura 13, se observa el muestreo de Ica con la ayuda del director ambiental David Carlos Rojas Ospina, el cual nos permitió entrar en la Ptar realizar la toma de muestra, y demás componentes del sistema de tratamiento.

---

<sup>56</sup> Proyecciones de población [en línea]. Bogotá D.C: Dane, 2016 [consultado 30 de marzo de 2016]. Disponible en Internet: [https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion\\_](https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion_)

**Figura 13. Primer punto de muestreo**



**Fuente:** ROJAS DAVID. Humedales de Frigocafé. [Imagen]. 2016

**Punto 2 Salida de la PTAR:** en este punto se encontró que la misma salida de la PTAR es la entrada a filtros granulares, es decir sale el agua de la Ptar y entra a la primera etapa de los humedales (filtros granulares). Este punto se caracteriza por que posee mucha vegetación y hay presencia de olores ofensivos dentro de los módulos de filtros granulares. En la Figura 14 se realiza una muestra de lca con la ayuda del director ambiental David Carlos Rojas Ospina, el que nos permitió entrar al humedal, en el primer módulo de humedales (filtro granulares), y demás componentes del sistema de tratamiento.

**Figura 14. Segundo punto de muestreo**



**Fuente:** ROJAS DAVID. Humedales de Frigocafé. [Imagen]. 2016.

**Punto 3 salidas de filtros granulares:** en esta estación se encontró que la salida a filtros granulares es la misma entrada a macrófitas emergentes, el agua hace un recorrido saliendo de la primera etapa de filtros granulares y siguiendo su curso a la segunda etapa de macrófitas emergentes. Este punto se caracteriza por que dentro de la segunda etapa encontramos especies de macrófitas emergentes

(papiro chino, leguminosa y payande), las cuales se encargan de estabilizar y fitoremediar las aguas residuales que entra a los humedales, Como se puede ver en la Figura 15.

**Figura 15. Tercer punto de muestreo**



**Fuente:** ROJAS DAVID. Humedales de Frigocafé. [Imagen] 2016.

**Punto 4 salidas de macrófitas emergentes:** en este punto de muestreo la salida de macrófitas emergentes es la misma entrada a macrófitas flotantes, donde el agua hace un recorrido saliendo de la segunda etapa de macrófitas emergentes y siguiendo su curso a la tercera etapa de macrófitas flotantes. Presenta unas características especiales, en él se encuentra el buchón de agua el cual absorbe los nutrientes con los que viene el agua, se propaga de manera exponencial en el módulo de macrófitas flotantes y genera hospederos de libélulas, hay mucha presencia de libélulas por lo que el agua que recorre este módulo tiene mejor calidad y es más limpia que la de la Ptar, el autor Gabriel Roldan indica que las libélulas son indicadoras de calidad de agua<sup>57</sup>. En la Figura 16, se realizó un muestreo del lca para el punto 4 el cual es la salida de macrófitas flotantes que se encuentra en el segundo módulo de humedales en La empresa Frigocafé s.a.

---

<sup>57</sup> ROLDAN PÉREZ, Gabriel. Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua [en línea]. En: Ecología, 1999, Vol. 23 [consultado el 2 de noviembre del 2016], Disponible en internet: [http://www.accefyn.org.co/revista/Vol\\_23/88/375-387.pdf](http://www.accefyn.org.co/revista/Vol_23/88/375-387.pdf).

**Figura 16. Cuarto punto de muestreo**



**Fuente:** ROJAS DAVID. Humedales de Frigocafé, [Imagen] 2016.

**Punto 5 salidas de macrófitas flotantes:** este punto la salida de macrófitas flotantes es la misma entrada al filtro cuaternario, el agua sale de la tercera etapa de macrófitas flotantes y entra a la última etapa al filtro cuaternario, se encontró mucha presencia de libélulas, mariposas y no se registra olores ofensivos, ni presencia de residuos sólidos. En la Figura 17, se realizó la toma de muestra de la salida de macrófitas flotantes y se encuentra en el tercer módulo de los humedales de Frigocafé.

**Figura 17. Quinto punto de muestreo**



**Fuente:** ROJAS DAVID. Humedales de Frigocafé. [Imagen] 2016.

**Punto 6 salidas del filtro cuaternario:** en este punto las aguas después de pasar por todo el circuito de humedales (tratamiento terciario) se dirigen por unos canales que están conectados y donde el recurso finalmente va a desembocar en



al río Quindío. Figura 18, se realizó el muestreo en el cuarto módulo de humedales en el componente cuaternario.

**Figura 18. Sexto punto de muestreo**



**Fuente:** ROJAS DAVID. Humedales de Frigocafé. [Imagen] 2016.

#### **5.10.2 Registro de las variables fisicoquímicas de los puntos de muestreo en los Humedales artificiales de FRIGOCAFÉ S.A.**

➤ **Recolección, transporte y análisis de muestras:** para cada estación se tomó 1 muestra de agua para el ICA (índice de calidad de agua), con el multíparamétrico se tomaron 6 lecturas de la conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), oxígeno disuelto ( $\text{mg}/\text{l}$ ), el pH, también se toma la lectura de la temperatura del agua y del ambiente ( $^{\circ}\text{C}$ ) con el termómetro digital y se apuntan los datos. Una vez realizado el muestreo de cada punto se llevaron las muestras en una nevera térmica con hielo para conservar la temperatura y así evitar posibles alteraciones químicas y biológicas. Posteriormente las muestras fueron analizadas en el laboratorio de Ciencias Ambientales de la Universidad Autónoma de Occidente.

Se realizaron muestreos cada 7 días en el mes de abril, con un total de tres salidas para obtener un gran número de datos, con el fin de que la investigación sea más precisa. Después de realizar los análisis de calidad de agua se procederá a la implementación de los programas con el fin de mejorar las propiedades físico-químicas y biológicas del espejo lagunar.

➤ **Muestras de Agua y análisis:** se recolectaron muestras de un litro de agua por cada estación, durante la salida de campo se refrigeraron las muestras en una

nevera de icopor hasta el laboratorio, posteriormente se siguieron los protocolos de los Manuales del Multiparametrico HACH HQ40d, para la toma de datos fisicoquímicos en campo y calibración de sondas. A continuación en el cuadro 14 se presentan los nombres de los equipos que se Usaron para los análisis de las muestras en laboratorio.

**Cuadro 11. Equipos Utilizados para el Análisis Fisicoquímico Exsitu-Insitu**

Parámetro	Equipo
Oxígeno Disuelto (mg/L)	Multiparametrico HACH HQ40d
Sólidos totales Disueltos (mg/L)	Multiparametrico HACH HQ40d
Demanda Biológica de oxígeno (mg/L)	BOD track HACH
Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Multiparametrico HACH HQ40d
pH	Multiparametrico HACH HQ40d
Fosfatos ( $\text{mg PO}_4^{3-}/\text{L}$ )	Spectrophotometer HACH
Nitratos ( $\text{mg NO}_3^-/\text{L}$ )	Spectrophotometer HACH
Turbidez (NTU)	Spectrophotometer HACH
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	Termómetro digital


**Fuente:** Elaboración propia.

## 6. RESULTADOS

### 6.1 MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES EN EL PROCESO DE SACRIFICIO DE BOVINOS EN FRIGOCAFÉ S.A.

**6.1.1 Recepción de corrales.** Comprende los procesos que se realizan en el Frigorífico desde la entrada del vehículo, con los animales al establecimiento hasta la fase de insensibilización del bovino. En el Cuadro 9 se muestran los aspectos ambientales que se generan en la recepción de corrales dentro del proceso de sacrificio.

**Cuadro 12. Identificación de aspectos ambientales - en el proceso de recepción corrales**

				IDENTIFICACION DE ASPECTOS AMBIENTALES- EN EL PROCESAMIENTO DE BOVINOS							RAI-IAA-0001		
											Fecha Agosto 5 de 2016		
											Pág. 1 de 6		
AREA FÍSICA	PROCESO	Aspecto Ambiental (actividad)	Estado De Operación	CLASIFICACIÓN DEL ASPECTO								EFECTO	DESCRIPCIÓN
				ENTRADAS			SALIDAS						
				MP	E	A	DA	RS	VS	EA			
Empresa	Recepción de corrales	Llegada de camiones	Normal		x							Combustibles de camiones	Grasas, aceites, gasolina
									x		gasolina	Grasas, aceites y combustibles	
										x	Generación de material particulado	Hollín, Gases de CO, CO2, NOx, SOx y Polvo	
										x	Ruido	Generación de los equipos utilizados	
								x			Residuos sólidos	Cuando se identifica el ganado	


**Fuente:** Elaboración propia.



**6.1.2 Manga de conducción, lavado del animal.** Se realiza el baño del ganado para retirar la tierra y el estiércol adheridos a su piel y así garantizar la higiene en las posteriores operaciones de sacrificio. En el Cuadro 10 se puede ver los aspectos ambientales que se dan en las actividades de sacrificio.

**6.1.3 Insensibilización.** Se ubica la pistola donde el cerebro está más cerca de la superficie de la cabeza y donde el cráneo es más delgado. En el Cuadro 10 se muestran los aspectos ambientales asociados al proceso de bovino.

**Cuadro 13. Identificación de aspectos ambientales- en el proceso de manga de conducción, lavado e insensibilización**


				IDENTIFICACION DE ASPECTOS AMBIENTALES- EN EL PROCESAMIENTO DE BOVINOS								RAI-IAA-0001 Fecha Agosto 5 de 2016 Pág. 2 de 6	
AREA FÍSICA	PROCESO	Aspecto Ambiental (actividad)	Estado De Operación	CLASIFICACIÓN DEL ASPECTO								EFECTO	DESCRIPCIÓN
				ENTRADAS			SALIDAS						
				MP	E	A	DA	RS	VS	EA			
Ganado bovino	Manga de conducción y lavado	Higiene en las operaciones de sacrificio del ganado	Normal			x						Consumo de agua	Retirar el estiércol a su piel
					x						Consumo de energía eléctrica	Lavado del animal a presión	
									x		Genera AR	Limpieza del estiércol	
								x			Residuos solidos	Original sangría	
	Insensibilización	Ubicar la pistola donde el cerebro esté más cerca de la superficie de la cabeza o donde el cráneo es más delgado.	Normal					x			Residuos solidos	Sangre	
					x						Consumo de energía	Matanza del ganado	

**Fuente:** Elaboración propia.

**6.1.4 Izado- sangría.** Una vez insensibilizado el animal es izado al riel de sangría donde un operario procede a cortar la yugular, a nivel de la entrada de esta al pecho para producir la sangría del animal. En el Cuadro 11 se presenta los aspectos ambientales asociados al proceso de izado-sangría.

**6.1.5 Separación, identificación, descaretado y lavado de cabeza.** La cabeza se separa del cuerpo del animal cortándola entre la primera y segunda vértebra cervical. En el Cuadro 11 se presentan los aspectos ambientales que se relacionan al proceso de separación, identificación descaretado y lavado de cabeza.

**Cuadro 14. Identificación de aspectos ambientales en los procesos de izado-sangría, separación, identificación descaretado y lavado de la cabeza**


				IDENTIFICACION DE ASPECTOS AMBIENTALES- EN EL PROCESAMIENTO DE BOVINOS							RAI-IAA-0001										
AREA FISICA		PROCESO	Aspecto Ambiental (actividad)								Estado De Operación	CLASIFICACIÓN DEL ASPECTO								Fecha Agosto 5 de 2016	
																				Pág. 3 de 6	
			Aspecto Ambiental	Estado De Operación	ASPECTO								EFECTO	DESCRIPCIÓN							
					ENTRADAS			SALIDAS													
			(actividad)		MP	E	A	DA	RS	VS	EA										
Empresa		Izado-sangría	Evacuación de la sangre	Normal				x					Aguas contaminadas con sangre	Aguas residuales con cargas altas de sangre							
													Consumo de agua	Aguas contaminadas con sangre							
						x							Consumo de energía	Motobombas eléctricas y bandas transportadas							
Empresa		Separación, identificación descartado y lavado de cabeza	Separación del cuerpo del animal	Normal			x						Agua a presión	Aguas contaminadas							
								x					Aguas contaminadas de sangre	Aguas residuales con altas cargas de sangre							

**Fuente:** Elaboración propia.

**6.1.6 Corte y desuello de extremidades, retiro de cola y anudado del ano.** Se procede a realizar un desprendimiento parcial de piel de las extremidades (rayado), se cortan y se introducen al salón de patas. En el Cuadro 12 se describen los aspectos ambientales asociados a las actividades de corte y desuello de extremidades, retiro de cola y anudado del ano.

**6.1.7 Corte de esternón y Desuello.** Con la ayuda de la sierra se realiza un corte en la parte del esternón, para permitir la extracción de la totalidad de las vísceras. En el Cuadro 12 se pueden observar los aspectos ambientales que se generan de esta actividad.

**Cuadro 15. Identificación de aspectos ambientales en los procesos de corte y desuello de extremidades, retiro de cola y anudado del ano, corte de esternón y desuello.**


				IDENTIFICACION DE ASPECTOS AMBIENTALES- EN EL PROCESAMIENTO DE BOVINOS							RAI-IAA-0001 Fecha Agosto 5 de 2016 Pág. 4 de 6	
AREA FÍSICA	PROCESO	Aspecto Ambiental  (actividad)	Estado De Operación	CLASIFICACIÓN DEL ASPECTO							EFECTO	DESCRIPCIÓN
				ENTRADAS			SALIDAS					
				MP	E	A	DA	RS	VS	EA		
Empresa	Corte y desuello de extremidades, retiro de cola y anudado de ano	Retiro de cola y ano	Normal					x			Generación de residuos solidos	Materia fecal
	Corte de esternón y Desuello	Retiro de órganos	Normal					x			Desueradora	Viseras y se despeja el esófago y la tráquea, los estómagos

**Fuente:** Elaboración propia.

**6.1.8 Eviscerado.** Una vez cortado el esternón, el animal pasa al eviscerado para retirar los órganos internos (Vísceras blancas y rojas). En el Cuadro 13 se observan los aspectos ambientales que se generan en el proceso de eviscerado.

**6.1.9 Corte de canal.** Se codifican ambos lomos con tinta especial para alimentos con el fin de identificar la trazabilidad del animal. En el Cuadro 13 se registran los aspectos ambientales que se generan en el proceso de corte de canal.


**Cuadro 16. Identificación de aspectos ambientales en los procesos de eviscerado y corte del canal**

				IDENTIFICACION DE ASPECTOS AMBIENTALES- EN EL PROCESAMIENTO DE BOVINOS							RAI-IAA-0001 Fecha Agosto 5 de 2016 Pág. 5 de 6		
AREA FISICA	PROCESO	Aspecto Ambiental  (actividad)	Estado De Operación	CLASIFICACIÓN DEL ASPECTO								EFECTO	DESCRIPCIÓN
				ENTRADAS			SALIDAS						
				MP	E	A	DA	RS	VS	EA			
Empresa	Eviscerado	Retiro de órganos	Normal					x			Generación de residuos sólidos	Viseras rojas y blancas	
	Corte del canal	Identificar los lomos	Normal		x						Consumo de energía	Cierra canal	
								x			Residuos sólidos	Marcación de los lomos	

**Fuente:** Elaboración propia.

**6.1.10 Pesaje de canales, cuartos fríos y despacho.** Se realiza la limpieza de hematomas, coágulos de sangre y sebo. Extracción de la medula espinal y separación del solomo. Se lava con agua potable a presión alta eliminando los residuos generados durante el proceso. En el Cuadro 14 se muestra el aspecto ambiental que se pudo identificar en la última etapa del proceso de bovinos.

**Cuadro 17. Identificación de aspectos ambientales en el proceso de pesaje de canales, cuartos fríos y despacho**


				IDENTIFICACION DE ASPECTOS AMBIENTALES- EN EL PROCESAMIENTO DE BOVINOS								RAI-IAA-0001	
												Fecha Agosto 5 de 2016	
										Pág. 6 de 6			
AREA FISICA	PROCESO	Aspecto Ambiental	Estado De Operación	CLASIFICACIÓN DEL ASPECTO								EFECTO	DESCRIPCIÓN
				ENTRADAS			SALIDAS						
	Empresa	(actividad)	MP	E	A	DA	RS	VS	EA				
	Pesaje de canales, cuartos frios y despacho	Despacho de la carne	Normal		x						Consumo de electricidad	Conservar temperatura y trasporte por e canal	

**Fuente:** Elaboración propia.

## 6.2 MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES EN EL PROCESO DE SACRIFICIO DE PORCINOS EN FRIGOCAFÉ S.A.

➤ **Recepción de corrales:** comprende los procesos que se realizan en el Frigorífico desde la entrada del vehículo con los animales al establecimiento, hasta la fase de insensibilización del porcino. En el Cuadro 15 se muestran los aspectos ambientales que se generan en la recepción corrales dentro del proceso de sacrificio.

**Cuadro 18. Identificación de aspectos ambientales en el proceso de recepción de corrales**

				IDENTIFICACION DE ASPECTOS AMBIENTALES- EN EL PROCESAMIENTO DE PORCINOS							RAI-IAA-0001		
											Fecha Agosto 5 de 2016		
											Pág. 1 de 5		
AREA FÍSICA	PROCESO	Aspecto Ambiental	Estado De Operación	CLASIFICACIÓN DEL								EFECTO	DESCRIPCIÓN
				ASPECTO									
				ENTRADAS			SALIDAS						
		(actividad)		MP	E	A	DA	RS	VS	EA			
Empresa	Recepción de corrales	Llegada de camiones	Normal		x						Combustibles de camiones	Grasas, aceites, gasolina	
									x		Calentamiento	Grasas, aceites y combustibles	
										x	Contaminación	Hollín, Gases de CO, CO2, NOx, SOx y Polvo	
										x	Sonido	Generación de los equipos utilizados	
									x		Residuos sólidos	Se identifica el ganado	


**Fuente:** Elaboración propia.

➤ **Manga de conducción, lavado del animal:** se realiza el baño del ganado para retirar la tierra y el estiércol adheridos a su piel, y así garantizar la higiene en

las posteriores operaciones de sacrificio. En el Cuadro 16 se pueden ver los aspectos ambientales que se dan en las actividades de sacrificio.

➤ **Insensibilización:** se ubica la pistola donde el cerebro está más cerca de la superficie de la cabeza y donde el cráneo es más delgado. En el Cuadro 16 se muestran los aspectos ambientales asociados al proceso de porcino.

**Cuadro 19. Identificación de aspectos ambientales- en el proceso de manga de conducción, lavado e insensibilización**


				IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES – EN EL PROCESAMIENTO DE PORCINOS							RAI-IAA- 001		
											Fecha Agosto 5 de 2016		
											Pág. 2 de 5		
AREA FISICA	PROCESO	Aspecto Ambiental	Estado De Operación	CLASIFICACIÓN DEL								EFECTO	DESCRIPCIÓN
				ASPECTO									
				ENTRADAS			SALIDAS						
		(actividad)		MP	E	A	DA	RS	VS	EA			
Empresa	Manga de conducción y lavado	Higiene en las operaciones de sacrificio del ganado	Normal	x							Consumo generado	Retirar el estiércol a su piel	
					x						Energía eléctrica	Lavado del animal a presión	
							x				Generación de aguas residuales	Limpieza de la piel	
	Insensibilización	Ubicar la pistola donde el cerebro esté más cerca de la superficie de la cabeza o donde el cráneo es más delgado.	Normal				x				Aguas residuales	Sangre del animal	
				x						Consumo de energía por medio de la pistola	Matanza del ganado		

**Fuente:** Elaboración propia.

➤ **Izado- sangría:** una vez insensibilizado el animal es izado al riel de sangría donde un operario procede a cortar la yugular, a nivel de la entrada de esta al pecho para producir la sangría del animal. En el Cuadro 17 se presenta los aspectos ambientales asociados al proceso de izado-sangría.

➤ **Escaldado, depilado mecánico, flameado y depilado manual:** el escaldado es el proceso donde el animal es sometido a un baño con agua caliente, esto se realiza con el fin de aflojar el pelo del animal. Después se retira el pelo del cuerpo del animal por medios mecánicos. Por último Se realiza una limpieza ligera a la canal porcina, para evitar que el calor que se le suministra durante el flameado, contribuya a que la sangre y el pelo se adhiera a la piel del animal. En el Cuadro 17 se presentan los aspectos ambientales asociados a los procesos de Escaldado, depilado mecánico, flameado y depilado manual.

**Cuadro 20. Identificación de aspectos ambientales en los procesos de izado-sangría, escaldado, depilado mecánico, flameado y depilado manual**

				IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES – EN EL PROCESAMIENTO DE PORCINOS							RAI-IAA	
											Fecha Agosto 5 de 2016	
											Pág. 3 de 5	
CLASIFICACIÓN DEL												
AREA FÍSICA	PROCESO	Aspecto Ambiental	Estado De Operación	ASPECTO								
				ENTRADAS			SALIDAS				EFEECTO	DESCRIPCIÓN
		(actividad)		MP	E	A	DA	RS	VS	EA		
Empresa	Izado-sangría	Evacuación de la sangre	Normal				x				Generación de aguas residuales	Aguas residuales con cargas altas de sangre las cuales son tratadas en la planta
						x					Limpieza	Aguas contaminadas con sangre
					x						Consumo de energía eléctrica, aceite, grasas	Motobombas eléctricas y bandas transportadoras
	Escalado, depilado mecánico, flameado y depilado manual	Lavado con agua caliente	Normal		x						Mojado	Consumo de electricidad para calentadores de agua y consumo de gas natural para el depilado (flameado)
								x			Limpieza de la piel del porcino	Pelos de porcino

**Fuente:** Elaboración propia.

➤ **Corte esternón y eviscerado:** el Esternón se debe cortar por la mitad para facilitar posteriormente el retiro de las vísceras torácicas, y por último en el eviscerado se retira del cuerpo del animal, los órganos que comprenden las



vísceras Blancas y Rojas. En el Cuadro 18 se recopilan los aspectos ambientales que se generan en los procesos de corte esternón y eviscerado

**Cuadro 21. Identificación de aspectos ambientales en los procesos de corte esternón y eviscerado**


				IDENTIFICACION DE ASPECTOS AMBIENTALES- EN EL PROCESAMIENTO DE PORCINOS							RAI-IAA-0001	
											Agosto 5 de 2016	
											Pág. 4 de 5	
AREA FÍSICA	PROCESO	Aspecto	Estado De Operación	CLASIFICACIÓN DEL ASPECTO							EFECTO	DESCRIPCIÓN
				ASPECTO								
				ENTRADAS			SALIDAS					
		(actividad)		MP	E	A	DA	RS	VS	EA		
Empresa	Corte esternón y eviscerado	Retiro de órganos	Normal					x			Eviscerado	Viscera rojas y blancas

**Fuente:** Elaboración propia.

➤ **Lavado del canal:** la canal se lava externa e internamente para retirar cualquier suciedad que pueda quedar, en la superficie de la canal durante el proceso de faenado. En el Cuadro 19 se pueden ver los aspectos ambientales que se generan en el proceso de lavado del canal.

➤ **Pesaje, cuartos fríos y despacho:** terminado el lavado, se procede al pesaje de las canales para luego proceder a conducir las a los cuartos fríos, donde son acomodadas y separadas entre sí, para que alcancen la temperatura de refrigeración deseada. En el Cuadro 19 se muestra los aspectos ambientales que se forman en las actividades de pesaje, cuartos fríos y despacho.

**Cuadro 22. Identificación de aspectos ambientales en los procesos de lavado de canal, pesaje, cuartos fríos y despacho**

			IDENTIFICACION DE ASPECTOS AMBIENTALES- EN EL PROCESAMIENTO DE PORCINOS								RAI-IAA-0001		
											Agosto 5		
											Pág. 5 de 5		
AREA FÍSICA	PROCESO	Aspecto Ambiental	Estado De Operación	CLASIFICACIÓN DEL								EFECTO	DESCRIPCIÓN
				ASPECTO									
				ENTRADAS			SALIDAS						
		(actividad)		MP	E	A	DA	RS	VS	EA			
Empresa	Lavado de canal	Limpieza de canal	Normal	x							Consumo de energía eléctrica	Bombas a presión	
											Consumo de agua para limpiar la canal	Salida de aguas residuales	
				x							Agua potable	Aguas patógenas	
	Pesaje, cuartos fríos y despacho	Despacho de carne	Normal			x						Consumo de electricidad	Conservar temperatura y trasporte por el canal

**Fuente:** Elaboración propia.

### 6.3 MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES EN LOS PROCESOS DEL TRATAMIENTO DE PRIMARIO EN FRIGOCAFÉ S.A.


- **Tratamiento primario:** los tratamientos preliminares para aguas residuales, tiene como objetivo básico la disminución de los sólidos en suspensión y el acondicionamiento del agua residual para posteriores procesos de depuración de aguas residuales.
- **Rejillas:** el objetivo principal de esta etapa es la retención de los sólidos más gruesos que se encuentra suspendidos en el agua, carnes, materia orgánica, madera y papel. En el Cuadro 20 se observan los aspectos ambientales que se generan en los procesos del tratamiento primario.
- **Trampa de grasas:** se atrapan las partes solidas que contiene el agua residual como por ejemplo las grasas y coágulos de sangre. En el Cuadro 20 se

muestran los aspectos ambientales que se generan en los procesos del tratamiento primario.

➤ **Pozo de bombeo:** llega el agua, se bombea y pasa por rebose hasta el tamiz. En el Cuadro 20 se pueden ver los aspectos ambientales que se generan en los procesos del tratamiento primario.

➤ **Tamiz estacionario:** separa los sólidos mayores a 5 mm y el agua cae al tanque regulador por rebose. En el Cuadro 20 se presentan los aspectos ambientales asociados a los procesos del tratamiento primario.

**Cuadro 23. Identificación de aspectos ambientales en el tratamiento primario**


				IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES EN EL TRATAMIENTO PRIMARIO							RAI-IAA	
											Fecha Agosto 5 de 2016	
											Pág. 1 de 1	
CLASIFICACIÓN DEL												
ÁREA FÍSICA	PROCESO	Aspecto Ambiental (actividad)	Estado De Operación	ASPECTO							EFECTO	DESCRIPCIÓN
				ENTRADAS			SALIDAS					
				MP	E	A	DA	RS	VS	EA		
Empresa	Rejillas	Atrapar las partes solidas más gruesas. Ejemplo: coágulos de sangre	Normal					x			Disminución incompleta de la carga contaminante	Reducción de la carga contaminante en el agua
	Trampa de grasas	Atrapar solidos	Normal					x			Disminución incompleta de la carga contaminante	Reducción de la carga contaminante en el agua
	Pozo de bombeo	Llega el agua y se bombea hasta el tamiz	Normal		x						Consumo de energia	Motobomba eléctrica
	Tamiz estacionario	Separa los sólidos mayores a 5 mm y el agua cae al tanque regulador	Normal					x			Separación de los residuos sólidos mayores a 5mm	Disminución de la materia orgánica en el agua

**Fuente:** Elaboración propia.

#### **6.4 MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES EN LOS PROCESOS DEL TRATAMIENTO DE SECUNDARIO (PTAR) EN FRIGOCAFÉ S.A.**

- **Tratamiento secundario:** el tratamiento secundario es un sistema biológico de aguas residuales que está compuesto por los Filtros Anaeróbicos de Flujo Ascendente - Fafa1 y Fafa2, los cuales están encargados de degradar y eliminar el contenido biológico del agua residual. En el Cuadro 21 se presentan los aspectos ambientales asociados a los procesos del tratamiento secundario.
  
- **Tanque regulador:** se regula el caudal para que ingrese al filtro anaerobio de flujo ascendente por rebose a dos litros por segundo. En el Cuadro 21 se muestran los aspectos ambientales que se generan en los procesos del tratamiento secundario.
  
- **FAFA 1:** Sistema biológico de aguas residuales que tiene la función de reducir la carga contaminante, después de que se llena el tanque el agua pasa por rebose al filtro anaerobio de flujo ascendente 2. En el Cuadro 21 se pueden ver los aspectos ambientales que se dan en los procesos del tratamiento secundario.
  
- **FAFA 2:** Sistema biológico de aguas residuales que tiene la función de reducir la carga contaminante, después de que se llena el tanque el agua pasa por rebose al filtro granular. En el Cuadro 21 se encontró los aspectos ambientales relacionados con los procesos que se generan en el sistema del tratamiento secundario.

**Cuadro 24. Identificación de aspectos ambientales en el tratamiento secundario**

				IDENTIFICACION DE ASPECTOS AMBIENTALES EN EL TRATAMIENTO SECUNDARIO								RAI-IAA	
												Fecha Agosto 5 de 2016	
												Pág. 1 de 1	
ÁREA FÍSICA	PROCESO	Aspecto  (actividad)	Estado De Operación	CLASIFICACIÓN DEL ASPECTO								EFECTO	DESCRIPCION
				ENTRADAS			SALIDAS						
				MP	E	A	DA	RS	VS	EA			
PTAR	Tanque Regulador	Se regula el caudal para ingresar al fafa1 a 2 litros por segundo	Normal		x							Consumo de energía	Motobomba eléctrica
	Fafa 1 (Filtro anaerobio de flujo ascendente)	sistema biológico de tratamiento de las aguas residuales	Normal					x				Disminución incompleta de la carga contaminante	Reducción de la carga contaminante en el agua
	Fafa 2 (Filtro anaerobio de flujo ascendente)	sistema biológico de tratamiento de las aguas residuales	Normal					x				Disminución incompleta de la carga contaminante	Reducción de la carga contaminante en el agua

**Fuente:** Elaboración propia.

## 6.5 MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES EN LOS PROCESOS DEL TRATAMIENTO TERCIARIO

➤ **Tratamiento Terciario:** el tratamiento terciario está compuesto por dos módulos de humedales de macrófitas emergentes, flotantes y un módulo de filtro cuaternario, los cuales se encargan de degradar la materia orgánica disuelta en el agua, e inyectarle oxígeno al agua para mejorar la calidad del efluente a los estándares, requeridos por las normas ambientales antes de que se vierta al cuerpo de agua receptor.

➤ **Filtros granulares:** es la primera etapa del tratamiento terciario, está compuesta por tres módulos de filtración y cada módulo está compuesto por 5 filtros granulares, los cuales tienen la misión de remover la mayor cantidad posible de sólidos suspendidos. Este sistema bombea las 24 horas del día, los siete días de la semana y pasa por rebose al módulo de macrófitas emergentes. En el


Cuadro 22 se muestran los aspectos ambientales relacionados con los procesos que se generan en el tratamiento terciario.

➤ **Filtro de macrófitas emergentes:** para esta etapa las especies que se utilizan son el papiro chino y el payande, estas plantas por sus características naturales consume la materia orgánica en el agua e inyecta oxígeno al medio acuático por sus raíces. El objetivo principal en esta etapa es la absorción de la materia orgánica que posee el agua por el proceso de sacrificio y esta agua pasa por rebose a la siguiente etapa que es la de macrófitas flotantes. En el Cuadro 22 se presenta los aspectos ambientales que se generan por los procesos del tratamiento terciario.

➤ **Filtro de macrófitas Flotantes:** en la penúltima etapa la especie que se utiliza es el buchón de agua, el cual por sus condiciones naturales de Fitoremediación tiene la capacidad de absorber nutrientes, consumir materia orgánica e inyectar oxígeno al medio acuático. La función en esta modulo es la absorción de materia orgánica, nutrientes del agua que proviene del sacrificio y pasa por rebose a la última etapa la del filtro cuaternario. En el Cuadro 22 se pueden ver los aspectos ambientales asociados a los procesos que se generan el tratamiento terciario.

➤ **Filtro cuaternario:** en esta última etapa de tratamiento se realiza un proceso de purificación y filtración el cual consiste en pulir y refinar el agua antes de ser descargada al río Quindío. En el Cuadro 22 se encontraron los aspectos ambientales que se generan por los procesos del tratamiento terciario.

**Cuadro 25. Identificación de aspectos ambientales en el tratamiento terciario**


				IDENTIFICACION DE ASPECTOS AMBIENTALES EN EL TRATAMIENTO TERCEARIO							Fecha Agosto 5 de 2016 Pág. 1 de 1		
ÁREA FÍSICA	PROCESO	Aspecto Ambiental (actividad)	Estado De Operación	CLASIFICACIÓN DEL ASPECTO								EFECTO	DESCRIPCIÓN
				ENTRADAS			SALIDAS						
				MP	E	A	DA	RS	VS	EA			
Humedales	Filtros granulares	Bombeo 24/7 (energía)	Normal		x							Consumo de energía	Motobomba eléctrica
	Filtros de macrofitas emergentes	Rebose, (Fitoremediación)	Normal					x				Disminución de la carga contaminante	Reducción de la carga contaminante en el agua
	Filtros de macrofitas flotantes	Rebose, Diferencial de nivel (Fitoremediación)	Normal					x				Disminución de la carga contaminante	Disminución de la materia orgánica en el cuerpo hídrico
	Filtro cuaternario	Rebose, Diferencial de nivel (Fitoremediación)	Normal					x				Disminución de la carga microbiológica	Reducción de la materia orgánica

**Fuente:** Elaboración propia.

## 6.6 MATRIZ DE REQUISITOS LEGALES

➤ **Identificación de los requisitos legales ambientales en el componente aire:** de acuerdo a los procesos de la empresa Frigocafé s.a. y sus características generales se identificaron los requisitos legales ambientales. En el Cuadro 23 y 24 se presentan los requisitos legales que están relacionados con la organización y las normas que deben dar cumplimiento.


**Cuadro 26. Requisitos legales ambientales aplicables a las actividades de la empresa en la parte de aire**

		IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS REQUISITOS LEGALES AMBIENTALES APLICABLES A FRIGOCAFÉ S.A			RAI-RL	
					Fecha Agosto 5 de 2016	
				Pág. 1 de 4		
AIRE						
NORMA/ DESCRIPCION	TÍTULO / CAPÍTULO	ARTICULO	CONTENIDO	VALORACIÓN	SIGNIFICATIVO	RESPONSABLE
Decreto supremo n° 594 de 2000   <						

**Fuente:** Elaboración propia.




**Cuadro 27. Requisitos legales ambientales aplicables a las actividades de la empresa en la parte de aire**

		IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS REQUISITOS LEGALES AMBIENTALES APLICABLES A FRIGOCAFE S.A			RAI-RL	
					Fecha Agosto 5 de 2016	
					Pág. 2 de 4	
AIRE						
NORMA/ DESCRIPCION	TÍTULO / CAPÍTULO	ARTICULO	CONTENIDO	VALORACIÓN	SIGNIFICATIVO	RESPONSABLE
Decreto 2667 de 2012	Por el cual se reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales, y se toman otras determinaciones.	1	Reglamentar la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del recurso hídrico como receptor de vertimientos puntuales.	0	-	Jefe de área ambiental
		7	Es aquella que cobrará la autoridad ambiental competente a los usuarios por la utilización directa e indirecta del recurso hídrico como receptor de vertimientos puntuales directos o indirectos y sus consecuencias nocivas, originados en actividades antrópicas o propiciadas por el hombre y actividades económicas o de servicios, sean o no lucrativas..	0	-	
		14	Para cada uno de los parámetros objeto de cobro, la autoridad ambiental competente establecerá la tarifa de la tasa retributiva (Ttr) que se obtiene multiplicando la tarifa mínima (Tm) por el factor regional (Fr)	0	-	Jefe del área ambiental
		18	La autoridad ambiental competente cobrará la tarifa de la tasa retributiva evaluando anualmente a partir de finalizado el primer año, el cumplimiento de la meta global del cuerpo de agua o tramo del mismo, así como las metas individuales y grupales, de acuerdo con lo establecido en el artículo 17 del presente decreto.	0	-	

**Fuente:** Elaboración propia.




➤ **Identificación de los requisitos legales ambientales en el componente agua:** De acuerdo a los procesos de la empresa Frigocafé s.a. y sus características generales se identificaron los requisitos legales ambientales. En el Cuadro 25 y 26 se presentan los requisitos legales que están relacionados con la organización y las normas que deben dar cumplimiento.

**Cuadro 28. Requisitos legales ambientales aplicables a las actividades de la empresa en la parte de agua**

		IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS REQUISITOS LEGALES AMBIENTALES APLICABLES A FRIGOCAFÉ S.A				RAI-RL
						Fecha Agosto 5 de 2016
						Pág. 3 de 4
AGUA						
NORMA/ DESCRIPCIÓN	TÍTULO/ CAPÍTULO	ARTÍCULO	CONTENIDO	VALORACIÓN	SIGNIFICATIVO	RESPONSABLE
Resolución 0631 de 2015	Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.	3	Cuando la captación de agua y la descarga de las aguas residuales se realicen en el mismo cuerpo de agua superficial, se procederá a realizar la sustracción del valor de la carga entre las mismas de las cantidades máxicas (kg) de los metales y metaloides y de los elementos, sustancias o parámetros considerados para la Tasa Retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales.	6	-	Jefe de área ambiental
		5	Para todas las actividades industriales, comerciales o de servicios que realicen vertimientos puntuales de aguas residuales a un cuerpo de agua superficial, tendrán en el parámetro como valor límite máximo permisible el de 40,00°C.	6	-	
		6	Se realizará el análisis y reporte de los valores de la concentración en número más probable (NMP/100mL) de los coliformes termotolerantes presentes en los vertimientos puntuales de residuales (ARD y ARnD) mediante las cuales se gestionen excretas humanas y/o de animales a cuerpos de aguas superficiales, cuando la carga máxica en las aguas residuales antes del sistema de tratamiento es mayor a 125,00 kg/día de DBO <sub>5</sub> .	6	-	
		8	Los parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales domésticas y de las aguas residuales no domésticas de los prestadores del servicio público de alcantarillado a cumplir.	6	-	

**Fuente:** Elaboración propia.

**Cuadro 29. Requisitos legales ambientales aplicables a las actividades de la empresa en la parte de agua**

			IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS REQUISITOS LEGALES AMBIENTALES APLICABLES A FRIGOCAFE S.A			RAI-RL
						Fecha agosto 5 de 2016
						Pág. 4 de 4
AGUA						
NORMA/ DESCRIPCIÓN	TÍTULO / CAPÍTULO	ARTÍCULO	CONTENIDO	VALORACIÓN	SIGNIFICATIVO	RESPONSABLE
Decreto 3930 de 2010	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.	1	El presente decreto establece las disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico, el Ordenamiento del Recurso Hídrico y los vertimientos al recurso hídrico, al suelo y a los alcantarillados.		-	Jefe de área de calidad
		19	Conjunto de parámetros y sus valores utilizados para la asignación de usos al recurso y como base de decisión para el Ordenamiento del Recurso Hídrico.		-	


**Fuente:** Elaboración propia.

## 6.7 MATRIZ DE EVALUACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES EN EL PROCESAMIENTO DE BOVINOS

➤ **Valoración y evaluación de los aspectos e impactos ambientales encontrados:** los aspectos e impactos ambientales se calificaron a partir del método descrito en la metodología (ver ítem 5.3.2) y teniendo en cuenta los

siguientes criterios: Magnitud, Severidad, Frecuencia, permanencia y criterios legales, reglamentarios y sociales. A cada uno se le asignó un valor que varía entre 1 y 3, donde 3 es el que mayor impacto causa.


**Cuadro 30. Evaluación de aspectos e impactos ambientales para los procesos recepción de corrales, manga de conducción de lavado e insensibilización**

				MATRIZ DE EVALUACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES EN EL PROCESAMIENTO DE BOVINOS							Fecha Agosto 13 de 2016	
											Pág. 1 de 5	
ÁREA FÍSICA	PROCESO	Aspecto Ambiental	Estado De Operación	IMPACTO	CRITERIOS DE EVALUACIÓN						Total	SIGNIFICANCIA
		(actividad)			M	S	F	P	RL	AS		
Empresa	Recepción de corrales	Generación de material particulado	Normal	Aporte a la formación de smog fotoquímico y ozono troposférico	3	1	3	2	1	1	11	Baja
		Generación de ruido	Normal	Contaminación auditiva	1	1	3	2	3	1	11	Baja
		Generación de residuos sólidos	Normal	Presión al relleno sanitario	1	1	3	3	1	1	10	Baja
		Consumo de insumos (gasolina)	Normal	Agotamiento indirecto de los recursos naturales renovables y no renovables	1	1	3	1	3	1	10	Baja
Ganado Bovino	Manga de conducción y lavado	Consumo de agua	Normal	Agotamiento de recurso natural no renovable	2	1	3	2	1	1	10	Baja
	Insensibilización	Consumo de energía	Normal	Presión sobre los recursos naturales	1	1	2	1	1	1	7	Baja
		Generación de residuos sólidos	Normal	Presión al relleno sanitario	1	1	3	3	1	1	10	Baja

**Fuente:** Elaboración propia.

➤ **Evaluación de aspectos e impactos ambientales para los procesos recepción de corrales, manga de conducción de lavado e insensibilización:** en el Cuadro 27 se muestra la evaluación de los aspectos e impactos ambientales para los procesos de recepción de corrales, manga de conducción de lavado e insensibilización que están dentro del procesamiento de bovinos. En estas actividades se encontró que los aspectos e impactos ambientales identificados no generan daños a la empresa, a los trabajadores, al río Quindío y a la comunidad aledaña a la empresa, ya que los gerentes tienen alternativas para el control de estos aspectos o impactos ambientales, por eso los aspectos ambientales evaluados son de significancia baja.

**Cuadro 31. Evaluación de aspectos e impactos ambientales para los procesos de Izado-sangría, Separación, identificación descaretado y lavado de cabeza**

				MATRIZ DE EVALUACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES EN EL PROCESAMIENTO DE BOVINOS								Fecha Agosto 13 de 2016
												Pág. 2 de 5
ÁREA FÍSICA	PROCESO	Aspecto Ambiental	Estado De Operación	IMPACTO	CRITERIOS DE EVALUACIÓN						Total	SIGNIFICANCIA
		(actividad)			M	S	F	P	RL	AS		
Empresa	Izado-sangría	Generación de aguas residuales	Normal	Deterioro de la calidad del agua del cuerpo receptor	3	2	3	3	1	3	15	Alto
		Consumo de agua	Normal	Agotamiento de recurso natural no renovable	3	2	3	3	1	1	13	Medio
		Consumo de energía	Normal	Presión sobre los recursos naturales	3	3	3	1	1	1	12	Medio
	Separación, identificación descartado y lavado de cabeza	Generación de aguas residuales	Normal	Deterioro de la calidad del agua del cuerpo receptor	3	2	3	1	1	1	11	Baja
		Consumo de agua	Normal	Agotamiento de recurso natural no renovable	3	2	3	1	1	1	11	Baja

**Fuente:** Elaboración propia.


➤ **Evaluación de aspectos e impactos ambientales para los procesos de izado-sangría, Separación, identificación, descaretado y lavado de cabeza:** en el Cuadro 28 se presenta la evaluación de los aspectos e impactos ambientales para los procesos Izado-Sangría, identificación descaretado y lavado de cabeza que están dentro del procesamiento de bovinos. Para estos dos procesos se identificó que para el proceso de Izado-sangría, es el que genera mayor daño al medio ambiente que rodea la empresa, mientras que para el proceso de separación, identificación, descaretado y lavado de cabeza las actividades se mantiene estables, es decir, no generan grandes impactos al entorno de la empresa.

➤ **Generación de aguas residuales:** para este aspecto ambiental la significancia dio alta, ya que en el proceso de izado-sangría, cuando se evacua la sangre del animal y esta se lleva al tratamiento primario, no se hace una buena separación y eliminación de la sangre generando aguas con alta carga contaminante, como se pudo ver en los valores de los parámetros tomados en los seis muestreo realizados, y en los resultados de Ica para este trabajo.

➤ **Consumo de energía:** el consumo de energía para el proceso de izado-sangría, la valoración arrojó un valor medio, ya que los operarios de Frigocafé cuando cortan el animal utilizan alternativas de producción más limpia para ahorrar energía, pero ellos utilizan muchas máquinas para este proceso y se ven gastos de energía, una de las máquinas que utilizan energía es la pistola de sacrificio y la flageladora limpiadora.

➤ **Consumo de agua:** Este aspecto obtuvo una calificación media, ya que en el proceso de izado-sangría cuando se termina de cortar y evacuar la sangre de animal, se limpia la zona del sacrificio con mangueras de agua, las cuales realizan un consumo de agua cuando se ponen en operación.


**Cuadro 32. Evaluación de aspectos e impactos ambientales para los procesos de corte de desuello de extremidades, retiro de cola y anudado de ano, corte de esternón y desuello**

				MATRIZ DE EVALUACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES EN EL PROCESAMIENTO DE BOVINOS							Fecha Agosto 13 de 2016 Pág. 3 de 5	
ÁREA FÍSICA	PROCESO	Aspecto Ambiental  (actividad)	Estado De Operación	IMPACTO	CRITERIOS DE EVALUACIÓN						Total	SIGNIFICANCIA
					M	S	F	P	RL	AS		
Empresa	Corte y desuello de extremidades, retiro de cola y anudado de ano	Generación de residuos sólidos	Normal	Presión al relleno sanitario	2	2	3	1	1	1	10	Baja
	Corte de esternón y Desuello	Generación de residuos sólidos	Normal	Presión al relleno sanitario	2	2	3	1	1	1	10	Baja

**Fuente:** Elaboración propia.

➤ **Evaluación de aspectos e impactos ambientales para los procesos de Corte y desuello de extremidades, retiro de cola y anudado de ano, corte de esternón y desuello:** En el Cuadro 29 se muestra la evaluación de los aspectos e impactos ambientales para los procesos de Corte y desuello de extremidades, retiro de cola y anudado de ano, Corte de esternón y Desuello que están dentro del procesamiento de bovinos. Para estos procesos se identificó que los aspectos e impactos ambientales no generan gran impacto al medio ambiente que rodea a la empresa, ya que la empresa Frigocafé s.a. tiene medidas de manejo para el control de los aspectos e impactos ambientales descritos en esta Tabla. Por esta razón su grado de significancia fue bajo.

**Cuadro 33. Evaluación de aspectos e impactos ambientales para los procesos de Eviscerado y Corte del canal**


				MATRIZ DE EVALUACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES EN EL PROCESAMIENTO DE BOVINOS							Fecha Agosto 13 de 2016	
											Pág. 4 de 5	
ÁREA FÍSICA	PROCESO	Aspecto Ambiental	Estado De Operación	IMPACTO	CRITERIOS DE EVALUACIÓN						Total	SIGNIFICANCIA
		(actividad)			M	S	F	P	RL	AS		
Empresa	Eviscerado	Generación de residuos sólidos	Normal	Presión al relleno sanitario	2	1	3	1	1	1	9	Baja
	Corte del canal	Generación de residuos sólidos	Normal	Presión al relleno sanitario	2	1	3	1	1	1	9	Baja
		Consumo de energía	Normal	Presión sobre los recursos naturales	2	1	3	2	1	1	10	Baja

**Fuente:** Elaboración propia.

➤ **Evaluación de aspectos e impactos ambientales para los procesos de Eviscerado y Corte del canal.** En el Cuadro 30 se presenta la evaluación de los aspectos e impactos ambientales para los procesos de Eviscerado y corte de canal, que están dentro del procesamiento de bovinos. Para estos procesos se identificó que los aspectos e impactos ambientales, no causan gran severidad al medio ambiente que rodea a la empresa, ya que la empresa cuenta con medidas de manejo para el control de los aspectos e impactos ambientales descritos en esta tabla. Por esta razón su grado de significancia fue bajo.



**Cuadro 34. Evaluación de aspectos e impactos ambientales para el proceso de Pesaje de canales, cuartos fríos y despacho**


				MATRIZ DE EVALUACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES EN EL PROCESAMIENTO DE BOVINOS							Fecha Agosto 13 de 2016	
ÁREA FÍSICA	PROCESO	Aspecto Ambiental (actividad)	Estado De Operación	IMPACTO	CRITERIOS DE EVALUACIÓN						Total	SIGNIFICANCIA
					M	S	F	P	RL	AS		
Empresa	Pesaje de canales, cuartos fríos y despacho	Consumo de energía	Normal	Presión sobre los recursos naturales	3	1	3	3	1	1	12	Medio

**Fuente:** Elaboración propia.

➤ **Evaluación de aspectos e impactos ambientales para el proceso: Pesaje de canales, cuartos fríos y despacho:** en el Cuadro 31 se muestra la evaluación de los aspectos e impactos ambientales para el proceso de pesaje de canales, cuartos fríos y despacho que están dentro del procesamiento de bovinos. Para este proceso se encontró que las actividades generan gastos de energía muy básicos, ya que Frigocafé utiliza alternativas de producción más limpia cuando se utilizan los cuartos fríos para el almacenamiento de la carne. Por lo explicado anteriormente da una significancia media.

## 6.8 MATRIZ DE EVALUACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES EN EL PROCESAMIENTO DE PORCINOS

**Cuadro 35. Evaluación de aspectos e impactos ambientales para los procesos de recepción de corrales, manga de conducción y lavado e insensibilización**


				MATRIZ DE EVALUACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES EN EL PROCESAMIENTO DE PORCINOS							Fecha Agosto 13 de 2016 Pág. 1 de 4	
ÁREA FÍSICA	PROCESO	Aspecto Ambiental (actividad)	Estado De Operación	IMPACTO	CRITERIOS DE EVALUACIÓN						Total	SIGNIFICANCIA
					M	S	F	P	RL	AS		
Empresa	Recepción de corrales	Generación de material particulado	Normal	Aporte a la formación de smog fotoquímico y ozono troposférico	3	1	3	2	1	1	11	Baja
		Generación de ruido	Normal	Contaminación auditiva	1	1	3	2	3	1	11	Baja
		Generación de residuos sólidos	Normal	Presión al relleno sanitario	1	1	3	3	1	1	10	Baja
		Consumo de insumos (gasolina)	Normal	Agotamiento indirecto de los recursos naturales renovables y no renovables	1	1	3	1	3	1	10	Baja
	Manga de conducción y lavado	Consumo de agua	Normal	Agotamiento de recurso natural no renovable	2	1	3	2	1	1	10	Baja
		Consumo de energía	Normal	Presión sobre los recursos naturales	1	1	2	1	1	1	7	Baja
	Insensibilización	Generación de residuos sólidos	Normal	Presión al relleno sanitario	1	1	3	3	1	1	10	Baja

**Fuente:** Elaboración propia.

➤ **Evaluación de aspectos e impactos ambientales para los procesos: recepción de corrales, manga de conducción de lavado e insensibilización.** En el Cuadro 32 se presenta la evaluación de los aspectos e impactos ambientales de los procesos de recepción de corrales, manga de conducción de lavado e insensibilización que están dentro del procesamiento de bovinos. En estas actividades se encontró que los aspectos e impactos ambientales

identificados no generan daños ambientales a la empresa, a los trabajadores, al río Quindío y a la comunidad aledaña a la organización, ya que la gerencia se orienta en alternativas para el control de estos aspectos o impactos ambientales, por esta razón los aspectos ambientales identificados y evaluados son de significancia baja.

**Cuadro 36. Evaluación de aspectos e impactos ambientales para los procesos de Izado-sangría, Escalado, depilado mecánico, flameado y depilado manual**

				MATRIZ DE EVALUACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES EN EL PROCESAMIENTO DE PORCINOS							Fecha Agosto 13 de 2016	
											Pág. 2 de 4	
ÁREA FÍSICA	PROCESO	Aspecto Ambiental (actividad)	Estado de Operación	IMPACTO	CRITERIOS DE EVALUACIÓN						Total	SIGNIFICANCIA
					M	S	F	P	RL	AS		
Empresa	Izado-sangría	Generación de aguas residuales	Normal	Deterioro de la calidad del agua del cuerpo receptor	3	2	3	3	1	3	15	Alto
		Consumo de agua	Normal	Agotamiento de recurso natural no renovable	3	2	3	3	1	1	13	Medio
		Consumo de energía	Normal	Presión sobre los recursos naturales	3	3	3	1	1	1	12	Medio
	Escalado, depilado mecánico, flameado y depilado manual	Consumo de energía	Normal	Presión sobre los recursos naturales	2	3	3	1	1	1	11	Baja
		Consumo de agua	Normal	Agotamiento de recurso natural no renovable	2	3	3	1	1	1	11	Baja

**Fuente:** Elaboración propia.


En el Cuadro 33 se muestra la evaluación de los aspectos e impactos ambientales para los procesos Izado-Sangría, Escalados, depilados mecánico, flameado y depilado manual que están dentro del procesamiento de porcinos. En el análisis de los dos procesos se encontró, que el proceso de Izado-sangría, es el que genera mayor severidad al medio ambiente que rodea la empresa, mientras que en el proceso de escalado, depilado mecánico, flameado y depilado manual no causan grandes daño al entorno de la empresa.

➤ **Generación de aguas residuales:** para este aspecto ambiental la significancia dio alta, ya que en el proceso de izado-sangría cuando se evacua la sangre del animal y esta se lleva al tratamiento primario, no se hace una buena separación y eliminación de la sangre generando aguas con alta carga contaminante, como se pudo ver en los valores de los parámetros tomados en los seis muestreo realizados, y en los resultados de Ica para este trabajo.

➤ **Consumo de energía:** el consumo de energía para el proceso de izado-sangría, la valoración arrojó un valor medio, ya que los operarios de Frigocafé cuando cortan el animal utilizan alternativas de producción más limpia para ahorrar energía, la utilización de sistemas con menor consumo de energía, registro y el control del consumo de energía, pero la empresa utiliza muchas máquinas para este proceso y se ven gastos de energía.

➤ **Consumo de agua:** este aspecto obtuvo una calificación media, ya que en el proceso de izado-sangría cuando se termina de cortar y evacuar la sangre, se limpia la zona del sacrificio con mangueras de agua, las cuales realizan un consumo de agua cuando se ponen en operación.

**Cuadro 37. Evaluación de aspectos e impactos ambientales para el proceso de Corte esternón y eviscerado**


				MATRIZ DE EVALUACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES EN EL PROCESAMIENTO DE PORCINOS							Fecha Agosto 13 de 2016	
											Pág. 3 de 4	
ÁREA FÍSICA	PROCESO	Aspecto Ambiental (actividad)	Estado De Operación	IMPACTO	CRITERIOS DE EVALUACIÓN						Total	SIGNIFICANCIA
					M	S	F	P	RL	AS		
Empresa	Corte esternón y eviscerado	Generación de residuos sólidos	Normal	Presión al relleno sanitario	3	1	3	3	1	1	12	Medio
		Consumo de energía	Normal	Presión sobre los recursos naturales	3	1	3	2	1	1	11	Baja

**Fuente:** Elaboración propia.

➤ **Evaluación de aspectos e impactos ambientales para el proceso de corte de esternón y eviscerado:** En el Cuadro 34 se presenta la evaluación de los aspectos e impactos ambientales, para el proceso de corte de esternón y eviscerado que están dentro del procesamiento de porcinos. En el análisis de los procesos se encontró que los aspectos e impactos ambientales identificados no generan grandes daños al medio ambiente que rodea a la empresa, ya que Frigocafé cuenta con mecanismos para la mitigación y la corrección de los aspectos e impactos ambientales.

➤ **Generación de residuos sólidos:** para este aspecto dependiendo de los días de sacrificio, se pueden generar una gran cantidad de carne. A veces hace falta personal para la separación y eliminación de los residuos restantes del sacrificio. Por esta razón la significancia para este aspecto e impacto ambiental es media.

**Cuadro 38. Evaluación de aspectos e impactos ambientales para los procesos de lavado de canal y pesaje, cuartos fríos y despacho**

				MATRIZ DE EVALUACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES EN EL PROCESAMIENTO DE PORCINOS							Fecha Agosto 13 de 2016	
											Pág. 4 de 4	
ÁREA FÍSICA	PROCESO	Aspecto Ambiental (actividad)	Estado De Operación	IMPACTO	CRITERIOS DE EVALUACIÓN						Total	SIGNIFICANCIA
					M	S	F	P	RL	AS		
Empresa	Lavado de canal	Consumo de agua	Normal	Agotamiento de recurso natural no renovable	2	3	3	3	1	1	13	Medio
		Consumo de energía	Normal	Presión sobre los recursos naturales	3	2	3	3	1	1	13	Medio
	Pesaje, cuartos fríos y despacho	Consumo de energía	Normal	Presión sobre los recursos naturales	3	2	3	3	1	1	13	Medio

**Fuente:** Elaboración propia.

➤ **Evaluación de aspectos e impactos ambientales para los procesos de lavado de canal y pesaje de canales, cuartos fríos y despacho:** en el Cuadro 35 se muestra la evaluación de los aspectos e impactos ambientales, para el proceso de pesaje de canales, cuartos fríos y despacho que están dentro del procesamiento de porcinos.

➤ **Consumo de energía:** para estos procesos se encontró que las actividades generan gastos de energía normales, ya que Frigocafé utiliza alternativas de producción más limpia, cuando se utilizan los cuartos fríos para el almacenamiento de la carne. Por lo explicado anteriormente da una significancia media.

➤ **Consumo de agua:** para este aspecto se obtuvo una calificación media, ya que en el proceso de lavado de canal. Se limpia la canal después del proceso de faenado con agua potable realizando gasto de agua.

## 6.9 MATRIZ DE EVALUACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES PARA LOS PROCESOS DEL TRATAMIENTO PRIMARIO

**Cuadro 39. Matriz de evaluación de aspectos e impactos ambientales para los procesos del tratamiento primario**

				MATRIZ DE EVALUACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES EN EL TRATAMIENTO PRIMARIO							Fecha Agosto 13 de 2016	
												Pág. 1 de 1
ÁREA FÍSICA	PROCESO	Aspecto Ambiental (actividad)	Estado De Operación	IMPACTO	CRITERIOS DE EVALUACIÓN						Total	SIGNIFICANCIA
					M	S	F	P	RL	AS		
Empresa	Rejillas	Generación de aguas residuales	Normal	Deterioro de la calidad del agua del cuerpo receptor	3	2	3	3	1	3	15	Alto
	Trampa de grasas	Generación de residuos sólidos	Normal	Presión al relleno sanitario	2	3	3	3	1	1	13	Medio
	Poso de bombeo	Consumo de energía	Normal	Presión sobre los recursos naturales	2	3	3	3	1	1	13	Medio
	Tamiz estacionario	Generación de residuos sólidos	Normal	Presión al relleno sanitario	2	3	3	1	1	1	11	Baja

**Fuente:** Elaboración propia.

➤ **Evaluación de aspectos e impactos ambientales para los procesos del tratamiento primario:** en el Cuadro 36, se presenta la evaluación de los aspectos e impactos ambientales para los procesos del tratamiento primario, que hace parte del sistema de tratamiento de aguas residuales que posee la empresa Frigocafé.

En el análisis y evaluación del tratamiento primario se encontró que el proceso de rejillas genera mayor impacto al medio ambiente de la empresa, ya que en este proceso llega mucha sobrecarga de aguas con coágulos de sangre, residuos de carne, grasas y materia fecal, dada a una inadecuada separación y eliminación de la carga contaminante con la que viene el agua residual. Dando como resultado aguas con mucha contenido de Dbo<sub>5</sub>, nitratos, fosfatos, coliformes fecales, y solidos suspendidos que pueden sobrecargar el sistema de tratamiento de aguas residuales que tiene la empresa. En el proceso de trampas de grasas, se hace una separación y eliminación adecuada de la carga contaminante con la que viene el agua residual proveniente del sacrificio. En la actividad del pozo de bombeo, se pudo observar que para el control del agua residual utilizan energía eléctrica para el bombeo del agua. En el tamiz estacionario hay un buen funcionamiento de sistema, es decir hacen un buen manejo de los residuos sólidos que son generados en el sacrificio.


➤ **Generación de aguas residuales:** para este aspecto e impacto ambiental la significancia dio alta, ya que en el proceso de rejillas las aguas residuales provenientes del sacrificio llegan con mucha carga contaminante, dificultando la separación y eliminación de la materia fecal, residuos de carne, grasas y sangre.

➤ **Consumo de energía:** para este aspecto e impacto ambiental la significancia dio media, ya que en el proceso de pozo de bombeo el consumo de energía proviene del bombeo y el rebose del agua, esta llega al tamiz estacionario, no se hace gasto de energía alto ya que la empresa utiliza alternativas para el ahorro de energía.

➤ **Residuos sólidos:** este aspecto e impacto ambiental se presenta diariamente en el desarrollo de las actividades de Frigocafé. Las actividades normales de la empresa, los procesos de sacrificio generan residuos constantemente. Para este aspecto e impacto ambiental es media la significancia por que la empresa tiene medidas de manejo para el control de los residuos sólidos.

## 6.10 MATRIZ DE EVALUACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES PARA LOS PROCESOS DEL TRATAMIENTO SECUNDARIO

**Cuadro 40. Matriz de evaluación de aspectos e impactos ambientales para los procesos del tratamiento secundario**

				MATRIZ DE EVALUACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES EN EL TRATAMIENTO SECUNDARIO							Fecha Agosto 13 de 2016 Pág. 1 de 1	
ÁREA FÍSICA	PROCESO	Aspecto Ambiental (actividad)	Estado De Operación	IMPACTO	CRITERIOS DE EVALUACIÓN						Total	SIGNIFICANCIA
					M	S	F	P	RL	AS		
PTAR	Tanque regulador	Consumo de energía	Normal	Presión sobre los recursos naturales	2	3	3	3	1	1	13	Medio
	Fafa 1 (filtro anaerobio de Flujo ascendente)	Generación de aguas residuales	Normal	Deterioro de la calidad del agua del cuerpo receptor	1	1	3	3	1	3	12	Medio
	Fafa 2 (filtro anaerobio de Flujo ascendente)	Generación de aguas residuales	Normal	Deterioro de la calidad del agua del cuerpo receptor	1	1	3	3	1	3	12	Medio

**Fuente:** Elaboración propia.

➤ **Evaluación de aspectos e impactos ambientales para los procesos del tratamiento secundario:** en el Cuadro 37, se muestra la evaluación de los aspectos e impactos ambientales para los procesos del tratamiento secundario, que está dentro del sistema de tratamiento de aguas residuales que posee la empresa Frigocafé. Para los procesos del tratamiento secundario, se encontró que los Fafas si realizan una gran reducción de la carga contaminante del agua residual que deriva del sacrificio, ya que después de hacer los análisis de degradabilidad se encontró que en la relación DBO<sub>5</sub>/DQO es igual a 0,30, lo que nos indica aguas residuales altamente degradable, los Fafas si están realizando el trabajo de degradación y eliminación del contenido biológico del agua residual.

➤ **Generación de aguas residuales:** para este aspecto e impacto ambiental la significancia dio alta, ya que en el proceso de los Fafas se realiza una eliminación incompleta de la materia orgánica, generando aguas con alta carga de nutrientes lo que ocasiona a futuro sobrecargas en el tratamiento terciario (humedales) lo



que puede producir un mal funcionamiento en el proceso de depuración de aguas residuales de la empresa Frigocafé.

- **Consumo de energía:** para este aspecto e impacto ambiental la significancia dio media, ya que en el proceso del tanque regulador se utiliza alternativas de producción más limpia para el ahorro de la energía.

## 6.11 MATRIZ DE EVALUACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES PARA LOS PROCESOS DEL TRATAMIENTO TERCIARIO

**Cuadro 41. Matriz de evaluación de aspectos e impactos ambientales para los procesos del tratamiento terciario**

				MATRIZ DE EVALUACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES EN EL TRATAMIENTO Terciario							Fecha Agosto 13 de 2016	
											Pág. 1 de 1	
ÁREA FÍSICA	PROCESO	Aspecto Ambiental	Estado De Operación	IMPACTO	CRITERIOS DE EVALUACIÓN						Total	SIGNIFICANCIA
		(actividad)			M	S	F	P	RL	AS		
Humedales	Filtros granulares	Consumo de energía	Normal	Presión sobre los recursos naturales	2	2	3	3	1	1	12	Medio
	Filtros de macrofitas emergentes	Consumo de agua	Normal	Agotamiento de recurso natural no renovable	2	2	3	3	1	1	12	Medio
	Filtros de macrofitas flotantes	Consumo de agua	Normal	Agotamiento de recurso natural no renovable	2	2	3	3	1	1	12	Medio
	Filtro cuaternario	Consumo de agua	Normal	Agotamiento de recurso natural no renovable	2	2	3	3	1	1	12	Medio

**Fuente:** Elaboración propia.

- **Evaluación de aspectos e impactos ambientales para los procesos del tratamiento terciario:** en el Cuadro 38, se muestra la evaluación de los aspectos e impactos ambientales para los procesos del tratamiento terciario, que está dentro del sistema de tratamiento de aguas residuales que posee la empresa Frigocafé. Para los procesos del tratamiento terciario se identificó que en los filtros de macrófitas, hay gastos de aguas normales mientras en el filtro granular hay

gasto de energía básico ya que la empresa tiene mecanismos para el ahorro de energía.

➤ **Consumo de energía:** para este aspecto e impacto ambiental la significancia dio media, ya que en el proceso del filtro granular se utiliza alternativas de producción más limpia para el ahorro de la energía.

➤ **Consumo de agua:** para este aspecto e impacto ambiental se obtuvo una calificación media, ya que en el procesos de los filtros de macrófitas y cuaternario no se realiza grandes gastos de agua.

## 6.12 RESULTADOS DE LABORATORIO Y EN CAMPO DEL ICA DE LA PRIMERA JORNADA DE MUESTREO.

**Cuadro 42. Resultados de laboratorio y en campo del ICA de la primera jornada de muestreo**

Primera salida abril 14 del 2016							
Análisis	Método	1. Entrada a la PTAR	2. Entrada a filtros granulares : salida de la PTAR	3. Salida de filtros granulares : entrada a macrófitas emergentes	4. Salida de macrófitas emergentes : entrada a macrófitas flotantes	5. Salida de macrófitas flotantes: entrada a filtro cuaternario	6. Filtro cuaternario
Coliformes fecales	Filtración membrana-HACH 8074	73000 (UFC)	43800 (UFC)	29200 (UFC)	7300 (UFC)	5840 (UFC)	2920 (UFC)
pH	Multiparametrico HACH HQ40d	8,82 (pH)	7,42 (pH)	7,50 (pH)	7,61 (pH)	7,83 (pH)	8,41 (pH)
DBO <sub>5</sub>	Winkler dilución Sweww 5220 D	665 (mg/L)	675 (mg/L)	301 (mg/L)	125 (mg/L)	130 (mg/L)	121 (mg/L)
Nitratos	Espectrofotometrico HACH 8039	630 (mg/L)	96 (mg/L)	68 (mg/L)	36 (mg/L)	94 (mg/L)	34 (mg/L)
Fosfatos	Espectrofotometrico HACH 8048	6230 (mg/L)	383 (mg/L)	168 (mg/L)	219 (mg/L)	247 (mg/L)	328 (mg/L)
Temperatura ambiente	Termómetro digital	25,5°C	25,5°C	25,5°C	25,5°C	25,5°C	25,5°C
Turbidez	Nefelometrico-smeww 2130	1600 (NTU)	790 (NTU)	440 (NTU)	60 (NTU)	50 (NTU)	50 (NTU)
Sólidos disueltos Totales	Potenciometrico - HACH sension5	1660 (mg/L)	940 (mg/L)	480 (mg/L)	70 (mg/L)	40 (mg/L)	40 (mg/L)
Oxígeno disuelto	Multiparametrico HACH HQ40d	13,30 (mg/L)	3,96 (mg/L)	0,21 (mg/L)	0,10 (mg/L)	0,13 (mg/L)	3,74 (mg/L)
Temperatura del agua	Termómetro digital	20,5°C	20,5°C	20,5°C	20,5°C	20,5°C	20,5°C

**Fuente:** Elaboración propia.

## 6.13 RESULTADOS DE LABORATORIO Y EN CAMPO DE LA SEGUNDA JORNADA DE MUESTREO

**Cuadro 43. Resultados de laboratorio y en campo del ICA de la segunda jornada de muestreo**

Segunda salida abril 20 del 2016							
Análisis	Método	1. Entrada a la PTAR	2. Entrada a filtros granulares: salida de la PTAR	3. Salida de filtros granulares: entrada a macrófitas emergentes	4. Salida de macrófitas emergentes: entrada a macrófitas flotantes	5. Salida de macrófitas flotantes: entrada a filtro cuaternario	6. Filtro cuaternario
Coliformes fecales	Filtración membrana-HACH 8074	146000 (UFC/100 mL)	102200 (UFC/100 mL)	43800 (UFC/100 mL)	29200 (UFC/100 mL)	10220 (UFC/100 mL)	5840 (UFC/100 mL)
pH	Multiparametrico HACH HQ40d	8,26 (pH)	7,37 (pH)	7,64 (pH)	8,16 (pH)	7,90 (pH)	8,08 (pH)
DBO <sub>5</sub>	Winkler dilución Sweww 5220 D	630 (mg/L)	650 (mg/L)	264 (mg/L)	266 (mg/L)	142 (mg/L)	73 (mg/L)
Nitratos	Espectrofotometrico HACH 8039	380 (mg/L)	98 (mg/L)	52 (mg/L)	37 (mg/L)	26 (mg/L)	22 (mg/L)
Fosfatos	Espectrofotometrico HACH 8048	149 (mg/L)	315 (mg/L)	438 (mg/L)	377 (mg/L)	324 (mg/L)	249 (mg/L)
Temperatura ambiente	Termómetro digital	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C	28°C
Turbidez	Nefelometrico-smeww 2130	3240 (NTU)	590 (NTU)	250 (NTU)	150 (NTU)	80 (NTU)	60 (NTU)
Solidos disueltos Totales	Potenciometrico - HACH sension5	2720 (mg/L)	620 (mg/L)	270 (mg/L)	170 (mg/L)	80 (mg/L)	70 (mg/L)
Oxígeno Disuelto	Multiparametrico HACH HQ40d	11,44 (mg/L)	0,11 (mg/L)	0,97 (mg/L)	0,21 (mg/L)	0,10 (mg/L)	2,00 (mg/L)
Temperatura del agua	Termómetro digital	21°C	21°C	21°C	21°C	21°C	21°C

**Fuente:** Elaboración propia.

## 6.14 RESULTADOS DE LABORATORIO DE LA TERCERA JORNADA DE MUESTREO

**Cuadro 44. Resultados de laboratorio y en campo del ICA de la tercera jornada de muestreo**

Tercera salida abril 27 del 2016							
Análisis	Método	1. Entrada a la PTAR	2. Entrada a filtros granulares: salida de la PTAR	3. Salida de filtros granulares: entrada a macrófitas emergentes	4. Salida de macrófitas emergentes: entrada a macrófitas flotantes	5. Salida de macrófitas flotantes: entrada a filtro cuaternario	6. Filtro cuaternario
Coliformes fecales	Filtración membrana-HACH 8074	584000 (UFC/100 mL)	146000 (UFC/100 mL)	131400 (UFC/100 mL)	7300 (UFC/100 mL)	7300 (UFC/100 mL)	5840 (UFC/100 mL)
pH	Multiparametrico HACH HQ40d	8,40 (pH)	7,28 (pH)	7,59 (pH)	8,16 (pH)	8,03 (pH)	8,07 (pH)
DBO <sub>5</sub>	Winkler dilución Sweww 5220 D	664 (mg/L)	661 (mg/L)	216 (mg/L)	184 (mg/L)	175 (mg/L)	156 (mg/L)
Nitratos	Espectrofotometrico HACH 8039	380 (mg/L)	117 (mg/L)	75 (mg/L)	42 (mg/L)	39 (mg/L)	194 (mg/L)
Fosfatos	Espectrofotometrico HACH 8048	1060 (mg/L)	320 (mg/L)	503 (mg/L)	356 (mg/L)	384 (mg/L)	447 (mg/L)
Temperatura ambiente	Termómetro digital	20°C	20°C	20°C	20°C	20°C	20°C
Turbidez	Nefelometrico-smeww 2130	779 (NTU)	432 (NTU)	136 (NTU)	58 (NTU)	58 (NTU)	54 (NTU)
Sólidos disueltos Totales	Potenciometrico - HACH sension5	1000 (mg/L)	480 (mg/L)	160 (mg/L)	60 (mg/L)	70 (mg/L)	40 (mg/L)
Oxígeno Disuelto	Multiparametrico HACH HQ40d	12,15 (mg/L)	3,3 (mg/L)	0,16 (mg/L)	2,17 (mg/L)	0,14 (mg/L)	3,21 (mg/L)
Temperatura del agua	Termómetro digital	21°C	21°C	21°C	21°C	21°C	21°C

**Fuente:** Elaboración propia.

## 6.15 RESULTADOS DE LABORATORIO DE LA CUARTA JORNADA DE MUESTREO

**Cuadro 45. Resultados de laboratorio y en campo del ICA de la cuarta jornada de muestreo**

Cuarta salida septiembre 21 del 2016							
Análisis	Método	1. Entrada a la PTAR	2. Entrada a filtros granulares: salida de la PTAR	3. Salida de filtros granulares: entrada a macrófitas emergentes	4. Salida de macrófitas emergentes: entrada a macrófitas flotantes	5. Salida de macrófitas flotantes: entrada a filtro cuaternario	6. Filtro cuaternario
Coliformes fecales	Filtración membrana-HACH 8074	2910000 (UFC/100 mL)	1022000 (UFC/100 mL)	584000 (UFC/100 mL)	438000 (UFC/100 mL)	146000 (UFC/100 mL)	146000 (UFC/100 mL)
pH	Multiparamétrico HACH HQ40d	6.28 (pH)	7,32 (pH)	7,95 (pH)	8,38 (pH)	8,21 (pH)	8,27 (pH)
DBO <sub>5</sub>	Respirométrico-lovibond oxidirect	615 (mg/L)	667 (mg/L)	625 (mg/L)	37 (mg/L)	23 (mg/L)	17 (mg/L)
Nitratos	Espectrofotométrico HACH 8039	1880 (mg/L)	850 (mg/L)	2300 (mg/L)	1650 (mg/L)	480 (mg/L)	490 (mg/L)
Fosfatos	Espectrofotométrico HACH 8048	175 (mg/L)	267 (mg/L)	182 (mg/L)	177 (mg/L)	138 (mg/L)	183 (mg/L)
Temperatura ambiente	Termómetro digital	20°C	26°C	23°C	20,4°C	21°C	19°C
Turbidez	Nefelométrico-smeww 2130	1980 (NTU)	1420 (NTU)	260 (NTU)	200 (NTU)	180 (NTU)	140 (NTU)
Sólidos disueltos Totales	Potenciométrico - HACH sension5	2000 (mg/L)	1500 (mg/L)	300 (mg/L)	300 (mg/L)	300 (mg/L)	200 (mg/L)
Oxígeno Disuelto	Multiparamétrico HACH HQ40d	17,14 (mg/L)	0,28 (mg/L)	2,09 (mg/L)	2 (mg/L)	1,68 (mg/L)	3,55 (mg/L)
Temperatura del agua	Termómetro digital	19°C	22°C	20°C	20°C	20°C	20°C

**Fuente:** Elaboración propia.

## 6.16 RESULTADOS DE LABORATORIO DE LA QUINTA JORNADA DE MUESTREO

**Cuadro 46. Resultados de laboratorio y en campo del ICA de la Quinta jornada de muestreo**

Quinta salida septiembre 28 del 2016							
Análisis	Método	1. Entrada a la PTAR	2. Entrada a filtros granulares: salida de la PTAR	3. Salida de filtros granulares: entrada a macrófitas emergentes	4. Salida de macrófitas emergentes: entrada a macrófitas flotantes	5. Salida de macrófitas flotantes: entrada a filtro cuaternario	6. Filtro cuaternario
Coliformes fecales	Filtración membrana-HACH 8074	292000 (UFC/100 mL)	52000 (UFC/100 mL)	8000 (UFC/100 mL)	17000 (UFC/100 mL)	1000 (UFC/100 mL)	2000 (UFC/100 mL)
pH	Multiparametrico HACH HQ40d	7,37 (pH)	6,49 (pH)	7,46 (pH)	7,72 (pH)	7,79 (pH)	7,97 (pH)
DBO <sub>5</sub>	Respirométrico-lovibond oxidirect	688 (mg/L)	722 (mg/L)	364 (mg/L)	186 (mg/L)	338 (mg/L)	138 (mg/L)
Nitratos	Espectrofotometrico HACH 8039	2930 (mg/L)	1060 (mg/L)	810 (mg/L)	2170 (mg/L)	530 (mg/L)	1660 (mg/L)
Fosfatos	Espectrofotometrico HACH 8048	2590 (mg/L)	2270 (mg/L)	2160 (mg/L)	2560 (mg/L)	1600 (mg/L)	2090 (mg/L)
Temperatura ambiente	Termometro digital	26,3°C	25,0°C	24,0°C	25,7°C	22,5°C	27,9°C
Turbidez	Nefelometrico-smeww 2130	2580 (NTU)	650 (NTU)	290 (NTU)	210 (NTU)	120 (NTU)	100 (NTU)
Sólidos disueltos Totales	Potenciometrico - HACH sension5	2370 (mg/L)	700 (mg/L)	320 (mg/L)	210 (mg/L)	410 (mg/L)	810 (mg/L)
Oxígeno Disuelto	Multiparametrico HACH HQ40d	8,22 (mg/L)	0,25 (mg/L)	1,92 (mg/L)	0,39 (mg/L)	0,11 (mg/L)	2,85 (mg/L)
Temperatura del agua	Termómetro digital	25,7°C	24,9°C	23,9°C	26,1°C	22,6°C	28,0°C

**Fuente:** Elaboración propia.

## 6.17 RESULTADOS DE LABORATORIO DE LA SEXTA JORNADA DE MUESTREO

**Cuadro 47. Resultados de laboratorio y en campo del ICA de la Sexta jornada de muestreo**

Sexta salida octubre 12 del 2016							
Análisis	Método	1. Entrada la PTAR	2. Entrada a filtros granulares: salida de la PTAR	3. Salida de filtros granulares : entrada a macrófitas emergentes	4. Salida de macrófitas emergentes: entrada a macrófitas flotantes	5. Salida de macrófitas flotantes: entrada a filtro cuaternario	6. Filtro cuaternario
Coliformes fecales	Filtración membrana- HACH 8074	438000 (UFC/100 mL)	48000 (UFC/100 mL)	4000 (UFC/100 mL)	15000 (UFC/100 mL)	3000 (UFC/100 mL)	4000 (UFC/100 mL)
pH	Multiparametrico HACH HQ40d	7,21 (pH)	6,73 (pH)	7,16 (pH)	7,30 (pH)	6,90 (pH)	6,85 (pH)
DBO <sub>5</sub>	Respirométrico- lovibond oxidirect	672 (mg/L)	605 (mg/L)	412 (mg/L)	257 (mg/L)	173 (mg/L)	127(mg/L)
Nitratos	Espectrofotometri co HACH 8039	293 (mg/L)	900 (mg/L)	680 (mg/L)	1370 (mg/L)	470(mg/L)	400 (mg/L)
Fosfatos	Espectrofotometri co HACH 8048	121 (mg/L)	230 (mg/L)	194(mg/L)	163 (mg/L)	96 (mg/L)	88 (mg/L)
Temperatura ambiente	Termometro digital	20°C	21°C	21°C	21°C	21°C	22,7°C
Turbidez	Nefelometrico- smeww 2130	3200 (NTU)	470 (NTU)	220 (NTU)	170 (NTU)	50 (NTU)	80 (NTU)
Sólidos disueltos Totales	Potenciometrico - HACH sension5	2820 (mg/L)	550 (mg/L)	229 (mg/L)	190 (mg/L)	60 (mg/L)	110 (mg/L)
Oxígeno Disuelto	Multiparametrico HACH HQ40d	6,46(mg/L)	0,46(mg/L)	2,94 (mg/L)	1,90 (mg/L)	0,12 (mg/L)	4,43 (mg/L)
Temperatura del agua	Termómetro digital	21,8°C	23,7°C	22,6°C	21,9°C	21,3°C	23°C

**Fuente:** Elaboración propia.

## 6.18 RESULTADOS DEL ICA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE FRIGOCAFÉ Y ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS CON LAS CURVAS DEL ICA-NSF

El índice de calidad de agua se puede calcular con un diferente conjunto de variables medidas, cuya cantidad y tipo depende de la disponibilidad de datos, de las diferentes presiones contaminantes a las cuales están sometidos los diferentes cuerpos de agua y del tipo de cuerpo de agua.

El indicador se calcula a partir de los datos de concentración de un conjunto de nueve variables que determinan, en gran parte, la calidad de las aguas, las cuales son: Coliformes Fecales, pH, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Nitratos, Fosfatos, Cambio de la Temperatura, Turbidez y Sólidos suspendidos totales.

Para el cálculo del índice de calidad de agua se hace una multiplicación de todos los subíndices de los parámetros con sus respectivos pesos relativos y la suma de todos los resultados de las multiplicaciones para sacar el valor final del Ica.<sup>58</sup>

**Figura 19. Fórmula para el cálculo del ICA**

$$ICA_a = \sum_{i=1}^9 (Sub_i * w_i)$$

$$ICA_m = \prod_{i=1}^9 (Sub_i^{w_i})$$

**Fuente:** Servicio nacional de estudios territoriales, índice de calidad de agua, 2017

Donde Sub<sub>i</sub>: Subíndice del parámetro i, w<sub>i</sub>: pesos relativos asignados a cada parámetro, la sumatoria se encuentra entre el rango [0-1] donde 1 es el 100% de los datos.

---

<sup>58</sup> Índice de calidad de agua [en línea]. Bogotá D.C: Ideam, 2005 [consultados el 14 de febrero del 2017]. Disponible en Internet: [http://www.ideam.gov.co/documents/24155/125494/36-3.21 HM Indice calidad agua 3 FI.pdf/9d28de9c-8b53-470e-82ab-daca2d0b0031](http://www.ideam.gov.co/documents/24155/125494/36-3.21+HM+Indice+calidad+agua+3+FI.pdf/9d28de9c-8b53-470e-82ab-daca2d0b0031).



## 6.19 RESULTADOS DEL ICA DE LA PRIMERA SALIDA DE CAMPO 14 DE ABRIL DEL 2016

**Cuadro 48. Resultados del ICA de la salida de macrófitas emergentes de la primera jornada de muestreo**

4. Salida de macrófitas emergentes: entrada a macrófitas flotantes					
PARÁMETRO	VALOR	UNIDADES	subi	wi	TOTAL
Coliformes fecales	7300	UFC/100 mL	12	0,15	1,8
pH	7,61	pH	88	0,12	10,56
DBO <sub>5</sub>	125	mg/L	5	0,10	0,5
Nitratos	36	mg/L	21	0,10	2,1
Fosfatos	219	mg/L	2	0,10	0,2
Cambio de la temperatura	5	°C	73	0,10	7,3
Turbidez	60	NTU	33	0,08	2,64
Sólidos suspendidos Totales	70	mg/L	86	0,08	6,88
Oxígeno disuelto	0,22	% saturación	2	0,17	0,34
				ICA	32,32

**Fuente:** Elaboración propia.

**Cuadro 49. Resultados del ICA de la salida de macrófitas flotantes de la primera jornada de muestreo**

5. Salida de macrófitas flotantes: entrada a filtro cuaternario					
PARÁMETRO	VALOR	UNIDADES	subi	wi	TOTAL
Coliformes fecales	5840	UFC/100 mL	13	0,15	1,95
pH	7,83	pH	88	0,12	10,56
DBO <sub>5</sub>	130	mg/L	5	0,10	0,5
Nitratos	94	mg/L	3	0,10	0,3
Fosfatos	247	mg/L	2	0,10	0,2
Cambio de la temperatura	5	°C	73	0,10	7,3
Turbidez	50	NTU	39	0,08	3,12
Sólidos suspendidos Totales	40	mg/L	86	0,08	6,88
Oxígeno disuelto	0,68	% saturación	2	0,17	0,34
				ICA	31,15

**Fuente:** Elaboración propia.

Se calculó el Ica para los humedales para la primera jornada de muestreo nos arrojó valores de 32,32 y 31,15, estos resultados significan aguas con mala calidad. Para explicar estos valores que se evaluaron para la primera jornada de muestreo a continuación se presenta los siguientes parámetros evaluados y su explicación, para poder detallar el resultado negativo de la calidad del agua para el primer muestreo.

- **Coliformes fecales:** para los coliformes fecales en la primera jornada de muestreo, en la estación 4 se obtuvo un valor de 7300 UFC/100 mL, y en la estación 5 se obtuvo un valor de 5840 UFC/100 mL. Los valores que se obtuvieron para coliformes fecales son bajos, haciendo el análisis con las gráficas y el criterio para coliformes fecales del Ica-nsf, los valores son menores a las 100000 Bact/100 mL, aguas con cantidades normales de coliformes fecales.
  
- **pH:** el comportamiento del pH se mantiene estable entre 6 y 9, para el cuarto punto de muestreo se obtuvo un valor de 7,61, para el quinto punto de muestreo se obtuvo un valor de 7,83. Los valores que se obtuvieron en campo del pH muestran un comportamiento estable, ya que si compara con la gráfica y el criterio del Ica-nsf para pH, los valores se encuentra en el rango de [2-10], aguas con grados de acidez normal.
  
- **DBO<sub>5</sub>:** para la demanda bioquímica de oxígeno en la estación 4 se obtuvo un valor de 125 mg/L, en la estación 5 se obtuvo un valor de 130 mg/L. los valores de DBO<sub>5</sub> para las estaciones evaluadas son altos, si se observa en la gráfica y criterio del Ica-nsf para DBO<sub>5</sub> los valores superan los 30 mg/L, esto indica que los microorganismos que están dentro de las estaciones de muestreo requieren de mayor cantidad de oxígeno para degradar la materia orgánica.
  
- **Nitratos:** en Nitratos para el punto de muestreo 4 se obtuvo un valor de 36 mg/L, para el punto de muestreo 5 se obtuvo un valor de 94 mg/L. en los puntos de muestreo evaluados las aguas no sobrepasan los 100 mg/L que es el rango máximo permisible del Ica-nsf para nitratos, son aguas con poco contenido de nutrientes y sin procesos de eutrofización.
  
- **Fosfatos:** en los Fosfatos para la estación 4 se obtuvo un valor de 219 mg/L, para la estación 5 se obtuvo un valor de 247 mg/L. En todas las estaciones se obtuvieron valores que sobrepasan los 10 mg/L que es el rango máximo permisible que puede tener un cuerpo de agua según el criterio y la gráfica del Ica-nsf, son aguas con mucho contenido de nutrientes.
  
- **Turbiedad:** para el punto de muestreo 4 se obtuvo un valor de 60 NTU, para el punto de muestreo 5 se obtuvo un valor de 50 NTU. En las estaciones evaluadas 4 y 5 presenta valores que no sobrepasan el criterio de los 100 NTU establecidos por el Ica-nsf para turbiedad, aguas con mucha transparencia y poca presencia de partículas suspendidas.
  
- **Sólidos suspendidos Totales:** los sólidos suspendidos totales registraron un comportamiento descendente es decir a medida que el agua pasa por los puntos de muestreo de humedales su valor va disminuyendo, esto se debe a la capacidad

que tiene los humedales de inyectar oxígeno al agua y degradar la materia orgánica, en la estación 4 se obtuvo un valor de 70 mg/L, en la estación 5 se obtuvo un valor de 40 mg/L, las estaciones 4 y 5 cumple con el criterio de Ica-nsf de sólidos suspendidos totales, ya que sus valores son menores a 500 mg/L, son aguas con poco contenido de sólidos orgánicos e inorgánicos.

➤ **Oxígeno Disuelto:** para el punto de muestreo 4 se obtuvo un valor de 0,22%, para el punto de muestreo 5 se obtuvo un valor de 0,68%, Para todos los puntos de muestreo evaluados los niveles de oxígeno disuelto son bajos, no superan el rango establecido para el Ica-nsf en oxígeno disuelto, el porcentaje de saturación tiene que ser mayor a 140% lo que indica que las aguas en las diferentes etapas de tratamiento de aguas residuales hay poca actividad de microorganismos, es de mala calidad, hay poca abundancia de organismos acuáticos.

## 6.20 RESULTADOS DEL ICA DE LA SEGUNDA SALIDA 20 DE ABRIL DEL 2016

**Cuadro 50. Resultados del ICA de la salida de macrófitas emergentes de la segunda jornada muestreo**

4. Salida de macrófitas emergentes: entrada a macrófitas flotantes					
PARAMETRO	VALOR	UNIDADES	Subi	wi	TOTAL
Coliformes fecales	29200	UFC/100 mL	7	0,15	1,05
pH	8,16	pH	84	0,12	10,08
DBO <sub>5</sub>	266	mg/L	5	0,10	0,5
Nitratos	37	mg/L	20	0,10	2
Fosfatos	377	mg/L	2	0,10	0,2
Cambio de la temperatura	7	°C	61	0,10	6,1
Turbidez	150	FAU	5	0,08	0,4
Sólidos suspendidos Totales	170	mg/L	76	0,08	6,08
Oxígeno Disuelto	8,65	% saturación	6	0,17	1,02
				<b>ICA</b>	<b>27,43</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

**Cuadro 51. Resultados del ICA de la salida de macrófitas flotantes de la segunda jornada de muestreo**

5. Salida de macrófitas flotantes: entrada a filtro cuaternario					
PARÁMETRO	VALOR	UNIDADES	subi	Wi	TOTAL
Coliformes fecales	10220	UFC/100 mL	10	0,15	1,5
pH	7,90	pH	88	0,12	10,56
DBO <sub>5</sub>	142	mg/L	5	0,10	0,5
Nitratos	26	mg/L	31	0,10	3,1
Fosfatos	324	mg/L	2	0,10	0,2
Cambio de la temperatura	7	°C	61	0,10	6,1
Turbidez	80	NTU	25	0,08	2
Sólidos suspendidos Totales	80	mg/L	85	0,08	6,8
Oxígeno Disuelto	0,44	% saturación	2	0,17	0,34
				ICA	31,1

**Fuente:** Elaboración propia.

Se calculó el Ica para la segunda jornada de muestreo arrojó valores de 27,43 y 31,10, estos resultados significan aguas con mala calidad. Para poder explicar estos valores que se evaluaron para la segunda jornada de muestreo, a continuación se presenta los siguientes parámetros evaluados y su explicación, para poder detallar el resultado negativo de la calidad del agua para el segundo muestreo.

➤ **Coliformes fecales:** para los coliformes fecales en la segunda jornada de muestreo, en la estación 4 se obtuvo un valor de 29200 UFC/100 mL, en la estación 5 se obtuvo un valor de 10220 UFC/100 mL. Los valores evaluados de las estaciones 4 y 5 que se obtuvieron para coliformes fecales son bajos, haciendo el análisis con las gráficas y el criterio para coliformes fecales del Ica-nsf, los valores son menores a las 100000 Bact/100mL, aguas para esos puntos de muestreo con cantidades normales de coliformes fecales.

➤ **pH:** el comportamiento del pH se mantiene estable entre 6 y 9, para el cuarto punto de muestreo se obtuvo un valor de 8,16 pH, para el quinto punto de muestreo se obtuvo un valor de 7,90 pH. Los valores que se obtuvieron en campo del pH muestran un comportamiento estable, ya que si lo comparamos con la gráfica y el criterio del Ica-nsf para pH, los valores se encuentra en el rango de [2-10], aguas con grados de acidez normal.

➤ **DBO<sub>5</sub>:** para la demanda bioquímica de oxígeno en la estación 4 se obtuvo un valor de 266 mg/L, en la estación 5 se obtuvo un valor de 142 mg/L. Los valores

de DBO<sub>5</sub> para todas las dos estaciones evaluadas son altos, si miramos en la gráfica y criterio del Ica-nsf para DBO<sub>5</sub> los valores superan los 30 mg/L, esto indica que los microorganismos que están dentro de las estaciones de muestreo requieren de mayor cantidad de oxígeno para degradar la materia orgánica.

➤ **Nitratos:** en Nitratos para el punto de muestreo 4 se obtuvo un valor de 37 mg/L, para el punto de muestreo 5 se obtuvo un valor de 26 mg/L. En los puntos de muestreo evaluados las aguas no sobrepasan los 100 mg/L que es el rango máximo permisible del Ica-nsf para nitratos, son aguas con poco contenido de nutrientes y sin procesos de eutrofización.

➤ **Fosfatos:** en los Fosfatos para la estación 4 se obtuvo un valor de 377 mg/L, para la estación 5 se obtuvo un valor de 324 mg/L. En las dos estaciones evaluadas se obtuvieron valores que sobrepasan los 10 mg/L que es el rango máximo permisible que puede tener un cuerpo de agua según el criterio y la gráfica del Ica-nsf, son aguas con mucho contenido de nutrientes.

➤ **Turbiedad:** para el punto de muestreo 4 se obtuvo un valor de 150 NTU, valor muy alto según el criterio de Ica-nsf el cual indica que tienen que ser aguas igual o menor a 100 NTU, tiene poca transparencia y mucha presencia de partículas suspendidas. Para el punto de muestreo 5 se obtuvo un valor de 80 NTU, presenta un valor que no sobrepasan el criterio de los 100 NTU establecidos por el Ica-nsf para turbiedad.

➤ **Sólidos suspendidos Totales:** los sólidos suspendidos totales registraron un comportamiento descendente es decir a medida que el agua pasa por los diferentes puntos de muestreo su valor va disminuyendo, esto se debe a la capacidad que tiene los humedales de inyectar oxígeno al agua y degradar la materia orgánica, en la estación 4 se obtuvo un valor de 170 mg/L, en la estación 5 se obtuvo un valor de 80 mg/L, en las estaciones 4 y 5 cumple con el criterio de Ica-nsf de sólidos suspendidos totales, ya que sus valores son menores a 500 mg/L, son aguas con poco contenido de sólidos orgánicos e inorgánicos.

➤ **Oxígeno Disuelto:** para el punto de muestreo 4 se obtuvo un valor de 8,65%, para el punto de muestreo 5 se obtuvo un valor de 0,44%. Para los puntos de muestreo evaluados los niveles de oxígeno disuelto son bajos, no superan el rango establecido para el Ica-nsf en oxígeno disuelto, el porcentaje de saturación tiene que ser mayor a 140% lo que nos indica que las aguas en las diferentes etapas de tratamiento de aguas residuales hay poca actividad de

microorganismos, es de mala calidad, hay poca abundancia de organismos acuáticos.

## 6.21 RESULTADOS DEL ICA DE LA TERCERA SALIDA 23 DE ABRIL DEL 2016

**Cuadro 52. Resultados del ICA de la salida de macrófitas emergentes de la tercera jornada de muestreo**

4. Salida de macrófitas emergentes: entrada a macrófitas flotantes					
PARAMETRO	VALOR	UNIDADES	subi	Wi	TOTAL
Coliformes fecales	7300	UFC/100 mL	12	0,15	1,8
pH	8,16	pH	84	0,12	10,08
DBO <sub>5</sub>	184	mg/L	5	0,10	0,5
Nitratos	42	mg/L	16	0,10	1,6
Fosfatos	356	mg/L	2	0,10	0,2
Cambio de la temperatura	1	°C	89	0,10	8,9
Turbidez	58	FAU	34	0,08	2,72
Sólidos suspendidos Totales	60	mg/L	87	0,08	6,96
Oxígeno Disuelto	55	% saturación	51	0,17	8,67
				<b>ICA</b>	<b>41,43</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

**Cuadro 53. Resultados del ICA de la salida de macrófitas flotantes de la tercera jornada de muestreo**

5. Salida de macrófitas flotantes: entrada a filtro cuaternario					
PARÁMETRO	VALOR	UNIDADES	subi	Wi	TOTAL
Coliformes fecales	7300	UFC/100 mL	12	0,15	1,8
pH	8,03	pH	84	0,12	10,08
DBO <sub>5</sub>	175	mg/L	5	0,10	0,5
Nitratos	39	mg/L	18	0,10	1,8
Fosfatos	384	mg/L	2	0,10	0,2
Cambio de la temperatura	1	°C	89	0,10	8,9
Turbidez	58	NTU	34	0,08	2,72
Sólidos suspendidos Totales	70	mg/L	86	0,08	6,88
Oxígeno Disuelto	0,96	% saturación	2	0,17	0,34
				<b>ICA</b>	<b>33,22</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

Se calculó el Ica para la tercera jornada de muestreo arrojó valores de 41,43 y 33,22 estos resultados significan aguas con mala calidad. Para poder explicar estos valores que se evaluaron para la tercera jornada de muestreo, a continuación se presenta los siguientes parámetros evaluados y su explicación, para poder detallar el resultado negativo de la calidad del agua para el tercer muestreo.

➤ **Coliformes fecales:** para los coliformes fecales en la tercera jornada de muestreo, en la estación 4 se obtuvo un valor de 7300 UFC/100 mL, en la estación 5 se obtuvo un valor de 7300 UFC/100 mL. Los valores de las estaciones 4 y 5 que se obtuvieron para coliformes fecales son bajos, haciendo el análisis con las gráficas y el criterio para coliformes fecales del Ica-nsf, los valores son menores a las 100000 Bact/100mL, aguas para esos puntos de muestreo con cantidades normales de coliformes fecales.

➤ **pH:** el comportamiento del pH se mantiene estable entre 6 y 9, para el cuarto punto de muestreo se obtuvo un valor de 8,16 pH, para el quinto punto de muestreo se obtuvo un valor de 8,03 pH. Los valores que se obtuvieron en campo del pH muestran un comportamiento estable, ya que si lo comparamos con la gráfica y el criterio del Ica-nsf para pH, los valores se encuentra en el rango de [2-10], aguas con grados de acidez normal.

➤ **DBO<sub>5</sub>:** para la demanda bioquímica de oxígeno en la estación 4 se obtuvo un valor de 184 mg/L, en la estación 5 se obtuvo un valor de 175 mg/L, los valores de DBO<sub>5</sub> para las estaciones evaluadas son altos, si miramos en la gráfica y criterio del Ica-nsf para DBO<sub>5</sub> los valores superan los 30 mg/L, esto indica que los microorganismos que están dentro de las estaciones de muestreo evaluadas requieren de mayor actividad microbiológica para degradar la materia orgánica.

➤ **Nitratos:** en Nitratos para el punto de muestreo 4 se obtuvo un valor de 42 mg/L, para el punto de muestreo 5 se obtuvo un valor de 39 mg/L, en los puntos de muestreo evaluados, las aguas no sobrepasan los 100 mg/L que es el rango máximo permisible del Ica-nsf para nitratos, son aguas con poco contenido de nutrientes y sin procesos de eutrofización.

➤ **Fosfatos:** en los Fosfatos para la estación 4 se obtuvo un valor de 356 mg/L, para la estación 5 se obtuvo un valor de 384 mg/L. En las estaciones evaluadas se obtuvieron valores que sobrepasan los 10 mg/L que es el rango máximo permisible que puede tener un cuerpo de agua según el criterio y la gráfica del Ica-nsf, son aguas con mucho contenido de nutrientes.

➤ **Turbiedad:** para el punto de muestreo 4 se obtuvo un valor de 58 NTU, para el punto de muestreo 5 se obtuvo un valor de 58 NTU. Para la estaciones 4 y 5 presenta valores que no sobrepasan el criterio de los 100 NTU establecidos por el Ica-nsf para turbiedad, aguas con mucha transparencia y poca presencia de partículas suspendidas.

➤ **Sólidos suspendidos Totales:** los sólidos suspendidos totales registraron un comportamiento descendente es decir a medida que el agua pasa por los diferentes puntos de muestreo su valor va disminuyendo, esto se debe a la capacidad que tiene los humedales de inyectar oxígeno al agua y degradar la materia orgánica, en la estación 4 se obtuvo un valor de 60 mg/L, en la estación 5 se obtuvo un valor de 70 mg/L, en las estaciones 4 y 5 cumple con el criterio de Ica-nsf de sólidos suspendidos totales, ya que sus valores son menores a 500 mg/L, son aguas con poco contenido de sólidos orgánicos e inorgánicos.

➤ **Oxígeno Disuelto:** para el punto de muestreo 4 se obtuvo un valor de 55%, para el punto de muestreo 5 se obtuvo un valor de 0,96%. Para los puntos de muestreo evaluados, los niveles de oxígeno disuelto son bajos, no superan el rango establecido para el Ica-nsf en oxígeno disuelto, el porcentaje de saturación tiene que ser mayor a 140% lo que nos indica que las aguas en las diferentes etapas de tratamiento de aguas residuales hay poca actividad de microorganismos, es de mala calidad, hay poca abundancia de organismos acuáticos.

## 6.22 RESULTADOS DEL ICA DE LA CUARTA SALIDA 21 DE SEPTIEMBRE DEL 2016

**Cuadro 54. Resultados del ICA de la salida de macrófitas emergentes de la cuarta jornada de muestreo**

4. Salida de macrófitas emergentes: entrada a macrófitas flotantes					
PARÁMETRO	VALOR	UNIDADES	subi	wi	TOTAL
Coliformes fecales	438000	UFC/100 mL	2	0.15	0.3
pH	8.38	pH	84	0.12	10.08
DBO <sub>5</sub>	37	mg/L	5	0.10	0.5
Nitratos	1650	mg/L	1	0.10	0.1
Fosfatos	177	mg/L	2	0.10	0.2
Cambio de la temperatura	0.4	°C	93	0.10	9.3
Turbidez	200	NTU	5	0.08	0.4
Sólidos suspendidos Totales	300	mg/L	60	0.08	4.8
Oxígeno Disuelto	36	% saturación	25	0.17	4,25
				<b>ICA</b>	29.93



**Cuadro 55. Resultados del ICA de la salida de macrófitas flotantes de la cuarta jornada de muestreo**

5. Salida de macrófitas flotantes: entrada a filtro cuaternario					
PARÁMETRO	VALOR	UNIDADES	subi	wi	TOTAL
Coliformes fecales	146000	UFC/100 mL	2	0.15	0.3
pH	8.21	pH	84	0.12	10.08
DBO <sub>5</sub>	23	mg/L	9	0.10	0.9
Nitratos	480	mg/L	1	0.10	0.1
Fosfatos	138	mg/L	2	0.10	0.2
Cambio de la temperatura	1	°C	89	0.10	8.9
Turbidez	180	NTU	5	0.08	0.4
Sólidos suspendidos Totales	300	mg/L	60	0.08	4.8
Oxígeno Disuelto	18	% saturación	11	0.17	1.87
				<b>ICA</b>	27.45

**Fuente:** Elaboración propia.

Se calculó el Ica para la cuarta jornada de muestreo arrojó valores de 29,93 y 27,45, estos resultados significan aguas de mala calidad. Para poder explicar estos valores que se evaluaron para la cuarta jornada de muestreo, a continuación se presenta los siguientes parámetros evaluados y su explicación, para poder detallar el resultado negativo de la calidad del agua para el cuarto muestreo.

➤ **Coliformes fecales:** para los coliformes fecales en la cuarta jornada de muestreo, en la estación 4 se obtuvo un valor de 438000 UFC/100 mL, en la estación 5 se obtuvo un valor de 146000 UFC/100 mL, valores muy altos, ya que superan las 100000 bact/100mL que es el rango permisible por el Ica-nsf, aguas con mucha carga de materia orgánica.

➤ **pH:** el comportamiento del pH se mantiene estable entre 6 y 9, para el cuarto punto de muestreo se obtuvo un valor de 8,38 pH, para el quinto punto de muestreo se obtuvo un valor de 8,21 pH. Los valores que se obtuvieron en campo del pH muestran un comportamiento estable, ya que si lo comparamos con la gráfica y el criterio del Ica-nsf para pH, los valores se encuentra en el rango de [2-10], aguas con grados de acidez normal.

➤ **DBO<sub>5</sub>:** para la demanda bioquímica de oxígeno en la estación 4 se obtuvo un valor de 37 mg/L, el valor de la DBO<sub>5</sub> para la estación cuatro es alto, si miramos en la gráfica y criterio del Ica-nsf para DBO<sub>5</sub> el valor supera los 30 mg/L, esto indica que los microorganismos que están dentro de las estaciones de muestreo

requieren de mayor actividad microbiológica para degradar la materia orgánica. En la estación 5 se obtuvo un valor de 23 mg/L. El valor está por debajo de los 30 mg/L, esto se debe a la capacidad de los Humedales de inyectar oxígeno y degradar la materia orgánica.

➤ **Nitratos:** en Nitratos para el punto de muestreo 4 se obtuvo un valor de 1650 mg/L, para el punto de muestreo 5 se obtuvo un valor de 480 mg/L, valores muy altos, sobrepasan los 100 mg/L que es el rango máximo permisible del Ica-nsf para nitratos, un agua residual con muchos nutrientes para estos puntos de muestreo.

➤ **Fosfatos:** en los Fosfatos para la estación 4 se obtuvo un valor de 356 mg/L, para la estación 5 se obtuvo un valor de 384 mg/L. En las estaciones evaluadas se obtuvieron valores que sobrepasan los 10 mg/L que es el rango máximo permisible que puede tener un cuerpo de agua según el criterio y la gráfica del Ica-nsf, son aguas con mucho contenido de nutrientes.

➤ **Turbiedad:** para el punto de muestreo 4 se obtuvo un valor de 200 NTU, para el punto de muestreo 5 se obtuvo un valor de 180 NTU. Valores muy altos según el criterio de Ica-nsf el cual indica que tienen que ser aguas igual o menor a 100 NTU, tiene poca transparencia y mucha presencia de partículas suspendidas.

➤ **Sólidos suspendidos Totales:** los sólidos suspendidos totales registraron un comportamiento descendente es decir a medida que el agua pasa por los diferentes puntos de muestreo su valor va disminuyendo, esto se debe a la capacidad que tiene los humedales de inyectar oxígeno al agua y degradar la materia orgánica, en la estación 4 se obtuvo un valor de 300 mg/L, en la estación 5 se obtuvo un valor de 300 mg/L, en las estaciones 4 y 5 cumple con el criterio de Ica-nsf de sólidos suspendidos totales, ya que sus valores son menores a 500 mg/L, son aguas con poco contenido de sólidos orgánicos e inorgánicos.

➤ **Oxígeno Disuelto:** para el punto de muestreo 4 se obtuvo un valor de 36%, para el punto de muestreo 5 se obtuvo un valor de 18%. Para los puntos de muestreo evaluados, los niveles de oxígeno disuelto son bajos, no superan el rango establecido para el Ica-nsf en oxígeno disuelto, el porcentaje de saturación tiene que ser mayor a 140% lo que nos indica que las aguas en las diferentes etapas de tratamiento de aguas residuales hay poca actividad de microorganismos, es de mala calidad, hay poca abundancia de organismos acuáticos.

## 6.23 RESULTADOS DEL ICA DE LA QUINTA SALIDA 28 DE SEPTIEMBRE DEL 2016

**Cuadro 56. Resultados del ICA de la salida de macrófitas emergentes de la Quinta jornada de muestreo**

4. Salida de macrófitas emergentes: entrada a macrófitas flotantes					
PARÁMETRO	VALOR	UNIDADES	Subi	Wi	TOTAL
Coliformes fecales	17000	UFC/100 mL	9	0.15	1.35
pH	7.72	pH	88	0.12	10.56
DBO <sub>5</sub>	186	mg/L	5	0.10	0.5
Nitratos	2170	mg/L	1	0.10	0.1
Fosfatos	2560	mg/L	2	0.10	0.2
Cambio de la temperatura	0.4	°C	93	0.10	9.3
Turbidez	210	NTU	5	0.08	0.4
Sólidos suspendidos Totales	210	mg/L	71	0.08	5.68
Oxígeno Disuelto	69	% saturación	73	0.17	12.41
				<b>ICA</b>	<b>40.50</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 57. Resultados del ICA de la salida de macrófitas flotantes de la Quinta jornada de muestreo**

5. Salida de macrófitas flotantes: entrada a filtro cuaternario					
PARÁMETRO	VALOR	UNIDADES	Subi	Wi	TOTAL
Coliformes fecales	1000	UFC/100 mL	22	0.15	3.3
pH	7.79	pH	88	0.12	10.56
DBO <sub>5</sub>	338	mg/L	5	0.10	0.5
Nitratos	530	mg/L	1	0.10	0.1
Fosfatos	1600	mg/L	2	0.10	0.2
Cambio de la temperatura	0.1	°C	93	0.10	9.3
Turbidez	120	NTU	5	0.08	0.4
Sólidos suspendidos Totales	410	mg/L	45	0.08	3.6
Oxígeno Disuelto	0.44	% saturación	2	0.17	0.34
				<b>ICA</b>	<b>28.3</b>

Fuente: Elaboración propia.

Se calculó el Ica para la quinta jornada de muestreo nos arrojó valores de 40,50 y 28,30, estos resultados significan aguas con mala calidad. Para poder explicar estos valores que se evaluaron para la quinta jornada de muestreo, a continuación se presenta los siguientes parámetros evaluados y su explicación, para poder detallar el resultado negativo de la calidad del agua para el quinto muestreo.

➤ **Coliformes fecales:** para los coliformes fecales en la quinta jornada de muestreo, en la estación 4 se obtuvo un valor de 17000 UFC/100 mL, en la estación 5 se obtuvo un valor de 1000 UFC/100 mL. Para las estaciones 4 y 5 los valores que se obtuvieron para coliformes fecales son bajos, haciendo el análisis con las gráficas y el criterio para coliformes fecales del Ica-nsf, los valores son menores a las 100000 Bact/100mL, aguas con cantidades normales de coliformes fecales.

➤ **pH:** el comportamiento del pH se mantiene estable entre 6 y 9, para el cuarto punto de muestreo se obtuvo un valor de 7,72 pH, para el quinto punto de muestreo se obtuvo un valor de 7,79 pH. Los valores que se obtuvieron en campo del pH muestran un comportamiento estable, ya que si lo comparamos con la gráfica y el criterio del Ica-nsf para pH, los valores se encuentra en el rango de [2-10], aguas con grados de acidez normal.

➤ **DBO<sub>5</sub>:** para la demanda bioquímica de oxígeno en la estación 4 se obtuvo un valor de 186 mg/L, En la estación 5 se obtuvo un valor de 338 mg/L, los valores de DBO<sub>5</sub> para las estaciones evaluadas son altos, si miramos en la gráfica y criterio del Ica-nsf para DBO<sub>5</sub> los valores superan los 30 mg/L, esto indica que los microorganismos que están dentro de las estaciones de muestreo requieren de mayor actividad microbiológica para degradar la materia orgánica.

➤ **Nitratos:** en Nitratos para el punto de muestreo 4 se obtuvo un valor de 2170 mg/L, para el punto de muestreo 5 se obtuvo un valor de 530 mg/L, valores muy altos, sobrepasan los 100 mg/L que es el rango máximo permisible del Ica-nsf para nitratos, un agua residual con muchos nutrientes para estos puntos de muestreo, esto se debe que para los humedales se generan procesos de eutrofización y las aguas tienen mucho contenido de nutrientes.

➤ **Fosfatos:** en los Fosfatos para la estación 4 se obtuvo un valor de 2560 mg/L, para la estación 5 se obtuvo un valor de 1600 mg/L. En todas las estaciones se obtuvieron valores que sobrepasan los 10 mg/L que es el rango máximo permisible que puede tener un cuerpo de agua según el criterio y la gráfica del Ica-nsf, son aguas con mucho contenido de nutrientes.

➤ **Turbiedad:** para el punto de muestreo 4 se obtuvo un valor de 210 NTU, para el punto de muestreo 5 se obtuvo un valor de 120 NTU, Valores muy altos según el criterio de Ica-nsf el cual indica que tienen que ser aguas menores a 100 NTU, tiene poca transparencia y mucha presencia de partículas suspendidas.

➤ **Sólidos suspendidos Totales:** los sólidos suspendidos totales registraron un comportamiento descendente es decir a medida que el agua pasa por los diferentes puntos de muestreo su valor va disminuyendo, esto se debe a la capacidad que tiene los humedales de inyectar oxígeno al agua y degradar la materia orgánica, en la estación 4 se obtuvo un valor de 210 mg/L, en la estación 5 se obtuvo un valor de 410 mg/L, las estaciones 4 y 5, cumple con el criterio de Ica-nsf de sólidos suspendidos totales, ya que sus valores son menores a 500 mg/L, son aguas con poco contenido de sólidos orgánicos e inorgánicos.

➤ **Oxígeno Disuelto:** para el punto de muestreo 4 se obtuvo un valor de 69%, para el punto de muestreo 5 se obtuvo un valor de 0,44%. Para los puntos de muestreo evaluados, los niveles de oxígeno disuelto son bajos, no superan el rango establecido para el Ica-nsf en oxígeno disuelto, el porcentaje de saturación tiene que ser mayor a 140% lo que nos indica que las aguas en las diferentes etapas de tratamiento de aguas residuales hay poca actividad de microorganismos, es de mala calidad, hay poca abundancia de organismos acuáticos.

## 6.24 RESULTADOS DEL ICA DE LA SEXTA SALIDA 12 DE OCTUBRE DEL 2016

**Cuadro 58. Resultados del ICA de la salida de macrófitas emergentes de la Sexta jornada de muestreo**

4. Salida de macrófitas emergentes: entrada a macrófitas flotantes					
PARÁMETRO	VALOR	UNIDADES	subi	wi	TOTAL
Coliformes fecales	15000	UFC/100 mL	9	0.15	1.35
pH	7.3	pH	88	0.12	10.56
DBO <sub>5</sub>	257	mg/L	5	0.10	0.5
Nitratos	1370	mg/L	1	0.10	0.1
Fosfatos	163	mg/L	2	0.10	0.2
Cambio de la temperatura	0.9	°C	93	0.10	9.3
Turbidez	170	NTU	5	0.08	0.4
Sólidos suspendidos Totales	190	mg/L	74	0.08	5.92
Oxígeno Disuelto	35	% saturación	23	0.17	3,91
				<b>ICA</b>	<b>31,84</b>

**Cuadro 59. Resultados del ICA de la salida de macrófitas flotantes de la Sexta jornada de muestreo**

5. Salida de macrófitas flotantes: entrada a filtro cuaternario					
PARÁMETRO	VALOR	UNIDADES	subi	wi	TOTAL
Coliformes fecales	3000	UFC/100 mL	16	0.15	2.4
pH	6.9	pH	55	0.12	6.6
DBO <sub>5</sub>	173	mg/L	5	0.10	0.5
Nitratos	470	mg/L	1	0.10	0.1
Fosfatos	96	mg/L	2	0.10	0.2
Cambio de la temperatura	0.3	°C	93	0.10	9.3
Turbidez	50	NTU	39	0.08	3.12
Sólidos suspendidos Totales	60	mg/L	87	0.08	6.96
Oxígeno Disuelto	0.53	% saturación	2	0.17	0.34
				<b>ICA</b>	<b>29,52</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

Se calculó el Ica para la sexta jornada de muestreo arrojó valores de 31,84 y 29,52 estos resultados significan aguas con mala calidad. Para poder explicar estos valores que se evaluaron para la sexta jornada de muestreo, a continuación se presenta los siguientes parámetros evaluados y su explicación, para poder detallar el resultado negativo de la calidad del agua para el sexto muestreo.

➤ **Coliformes fecales:** para los coliformes fecales en la sexta jornada de muestreo, en la estación 4 se obtuvo un valor de 15000 UFC/100 mL, en la estación 5 se obtuvo un valor de 3000 UFC/100 mL. Los valores para las estaciones 4 y 5 que se obtuvieron para coliformes fecales son bajos, haciendo el análisis con las gráficas y el criterio para coliformes fecales del Ica-nsf, los valores son menores a las 100000 Bact/100mL, para estas estaciones de muestreo aguas con cantidades normales de coliformes fecales.

➤ **pH:** el comportamiento del pH se mantiene estable entre 6 y 9, para el cuarto punto de muestreo se obtuvo un valor de 7,30 pH, para el quinto punto de muestreo se obtuvo un valor de 6,90 pH. Los valores que se obtuvieron en campo del pH muestran un comportamiento estable, ya que si lo comparamos con la gráfica y el criterio del Ica-nsf para pH, los valores se encuentra en el rango de [2-10], aguas con grados de acidez normal.

➤ **DBO<sub>5</sub>:** para la demanda bioquímica de oxígeno en la estación 4 se obtuvo un valor de 257 mg/L, En la estación 5 se obtuvo un valor de 173 mg/L, los valores de

DBO<sub>5</sub> para las estaciones 4 y 5 son altos, si miramos en la gráfica y criterio del Ica-nsf para DBO<sub>5</sub> los valores superan los 30 mg/L, esto indica que los microorganismos que están dentro de las estaciones de muestreo requieren de mayor actividad microbiológica para degradar la materia orgánica.

➤ **Nitratos:** en Nitratos para el punto de muestreo 4 se obtuvo un valor de 1370 mg/L, para el punto de muestreo 5 se obtuvo un valor de 470 mg/L, valores muy altos, sobrepasan los 100 mg/L que es el rango máximo permisible del Ica-nsf para nitratos, un agua residual con muchos nutrientes para estos puntos de muestreo.

➤ **Fosfatos:** en los Fosfatos para la estación 4 se obtuvo un valor de 163 mg/L, para la estación 5 se obtuvo un valor de 96 mg/L. En las estaciones evaluadas se obtuvieron valores que sobrepasan los 10 mg/L que es el rango máximo permisible que puede tener un cuerpo de agua según el criterio y la gráfica del Ica-nsf, son aguas con mucho contenido de nutrientes.

➤ **Turbiedad:** en el punto de muestreo 4 se obtuvo un valor de 170 NTU, Valor muy altos según el criterio de Ica-nsf, el cual indica que tienen que ser aguas menores a 100 NTU, tiene poca transparencia y mucha presencia de partículas suspendidas. Para el punto de muestreo 5 se obtuvo un valor de 50 NTU, presenta un valor que cumple con el criterio de los 100 NTU establecidos por el Ica-nsf para turbiedad.

➤ **Sólidos suspendidos Totales:** los sólidos suspendidos totales registraron un comportamiento descendente es decir a medida que el agua pasa por los diferentes puntos de muestreo su valor va disminuyendo, esto se debe a la capacidad que tiene los humedales de inyectar oxígeno al agua y degradar la materia orgánica, en la estación 4 se obtuvo un valor de 190 mg/L, en la estación 5 se obtuvo un valor de 60 mg/L, en las estaciones 4 y 5 cumple con el criterio de Ica-nsf de sólidos suspendidos totales, ya que sus valores son menores a 500 mg/L, son aguas con poco contenido de sólidos orgánicos e inorgánicos.

➤ **Oxígeno Disuelto:** para el punto de muestreo 4 se obtuvo un valor de 35%, para el punto de muestreo 5 se obtuvo un valor de 0,53%, Para todos los puntos de muestreo evaluados los niveles de oxígeno disuelto son bajos, no superan el rango establecido para el Ica-nsf en oxígeno disuelto, el porcentaje de saturación tiene que ser mayor a 140% lo que nos indica que las aguas en las diferentes etapas de tratamiento de aguas residuales hay poca actividad de

microorganismos, es de mala calidad, hay poca abundancia de organismos acuáticos.

## 6.25 RESULTADOS DEL PORCENTAJE DE RENDIMIENTO PARA LA REMOCIÓN DE LA CARGA CONTAMINANTE POR EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (STAR)

Para la interpretación del trabajo de remoción de la carga contaminante del sistema de tratamiento de aguas residuales (Star). Se analizaron dos variables la DBO<sub>5</sub> y sólidos suspendidos totales. Con el objetivo de analizar cuanto es el porcentaje de remoción de la carga orgánica, microbiológica y de nutrientes en aguas residuales que tienen los tratamientos primario, secundario, terciario y cuaternario. Para poder interpretar si la remoción es baja o alta se compara el valor del porcentaje de eficiencia de remoción con el Cuadro 57. Es un resumen de los rendimientos de remoción típicos que se logran con las diferentes etapas y procesos de tratamiento. Para el cálculo de la remoción de carga orgánica, microbiológica y de nutrientes, se utilizó la ecuación 1. Y se calcula con los valores de los parámetros, a la entrada del sistema de tratamiento y a la salida de este. (Cuadro 57).

**Cuadro 60. Rendimientos de remociones típicas en un sistema de tratamiento de aguas residuales**

Unidades de tratamiento	Eficiencia en la remoción de constituyentes, porcentaje						
	DBO	DQO	SS	P	N Org	NH <sub>3</sub> -N	Patógenos
Rejillas	desp. <sup>1</sup> .	desp.	desp.	Desp.	desp.	desp.	Desp.
Desarenadores	0-5	0-5	0-10	Desp.	desp.	desp.	Desp.
Sedimentación primaria	30-40	30-40	50-65	10-20	10-20	0	desp.
Lodos activados (convencional)	80-95	80-95	80-90	10-25	15-20	8-15	desp.
Filtros percoladores							desp.
Alta tasa, roca	65-80	60-80	60-85	8-12	15-50	8-15	
Super tasa, plástico	65-85	65-85	65-85	8-12	15-50	8-15	
Cloración	desp.	desp.	desp.	Desp.	desp.	desp.	100
Reactores UASB	65-80	60-80	60-70	30-40	---	---	desp.
Reactores RAP	65-80	60-80	60-70	30-40	---	---	desp.
Filtros anaerobios	65-80	60-80	60-70	30-40	---	---	desp.
Lagunas de oxidación							
Lagunas anaerobias	50-70	---	20-60	---	---	---	90-99.99
Lagunas aireadas	80-95	---	85-95	---	---	---	90-99.99
Lagunas facultativas	80-90	---	63-75	30	---	---	90-99.99
Lagunas de maduración	60-80	---	85-95	---	---	---	90-99.99
Ultravioleta	desp.	desp.	desp.	Desp.	desp.	desp.	100

**Fuente:** MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Eficiencias de remoción. Bogotá, 2000, p 46.

Ecuación 1. Cálculo de la remoción de carga orgánica, microbiológica y de nutrientes.



$$R = \frac{(Entrada\ inicial - Salida\ final)}{entrada\ inicial} \times 100$$

**R: porcentaje de eficiencia de remoción**

## **6.26 PRIMERA SALIDA DE CAMPO ABRIL 14 DEL 2016, DATOS DE DBO5 Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES**

Para el primer muestreo estos fueron los datos que se obtuvieron en campo y se calcularon y recopilaron en laboratorio.

**Calculo del porcentaje de rendimiento para la DBO5 para el primer muestreo**

$$R = \frac{(665 - 121)}{665} \times 100$$

**R: 81,80 = 82%**

➤ **DBO5:** con este resultado se interpretó que la eficiencia de remoción para DBO<sub>5</sub> del sistema de tratamiento de aguas residuales es de un 82%. Un porcentaje bastante alto, ya que si se compara con el Cuadro 57, que son Los rendimientos de remoción típicos de un sistema de tratamiento de aguas residuales, está por encima de rango establecido para lagunas anaerobias [50-70] de remoción para DBO<sub>5</sub>, lo que indica que los microorganismos que se encuentran en las distintas etapas del sistema de tratamiento de aguas residuales no requieren de mayor cantidad de oxígeno para consumir la materia orgánica que se encuentra en las aguas residuales provenientes del sacrificio.

**Cálculo del porcentaje de rendimiento para los Sólidos suspendidos totales para el primer muestreo**

$$R = \frac{(1660 - 40)}{1660} \times 100$$

**R: 97,59 = 98%**

➤ **Sólidos suspendidos totales:** con este resultado se interpretó que la eficiencia de remoción para sólidos suspendidos totales del sistema de tratamiento de aguas residuales es de un 98%. Un porcentaje bastante alto, ya que si se compara con el Cuadro 57, que son Los rendimientos de remoción típicos de un sistema de tratamiento de aguas residuales, está por encima de rango establecido para lagunas anaerobias [20-60] de remoción para sólidos suspendidos totales, lo que nos indica que hay un proceso de depuración de aguas residuales donde se disminuye la carga contaminante, esto se debe a la capacidad de fitoremediación que tiene los humedales de consumir materia orgánica e inyectar oxígeno al agua, para obtener un agua de mejor calidad.

#### **6.27 SEGUNDA SALIDA DE CAMPO ABRIL 20 DEL 2016, DATOS DE DBO5 Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES**

Para el segundo muestreo estos fueron los datos que se obtuvieron en campo y se calcularon y recopilaron en laboratorio.

##### **Cálculo del porcentaje de rendimiento para la DBO5 para el segundo muestreo**

$$R = \frac{(630 - 73)}{630} \times 100$$

$$R: 88,41 = 88\%$$

➤ **DBO5:** con este resultado se interpretó que la eficiencia de remoción para DBO<sub>5</sub> del sistema de tratamiento de aguas residuales es de un 88%. Un porcentaje bastante alto, ya que si se compara con el Cuadro 57, que son Los rendimientos de remoción típicos de un sistema de tratamiento de aguas residuales, está por encima de rango establecido para lagunas anaerobias [50-70] de remoción para DBO<sub>5</sub>, lo que nos indica que los microorganismos que se encuentran en las distintas etapas del sistema de tratamiento de aguas residuales no requieren de mayor cantidad de oxígeno para consumir la materia orgánica que se encuentra en las aguas residuales provenientes del sacrificio.

##### **Cálculo del porcentaje de rendimiento para los Sólidos suspendidos totales para el segundo muestreo**

$$R = \frac{(2720 - 70)}{2720} \times 100$$

$$R: 97,42 = 97\%$$

➤ **Sólidos suspendidos totales:** con este resultado se interpretó que la eficiencia de remoción para sólidos suspendidos totales del sistema de tratamiento de aguas residuales es de un 97%. Un porcentaje bastante alto, ya que si se compara con el Cuadro 57, que son Los rendimientos de remoción típicos de un sistema de tratamiento de aguas residuales, está por encima de rango establecido para lagunas anaerobias [20-60] de remoción para sólidos suspendidos totales, lo que nos indica que hay un proceso de depuración de aguas residuales donde se disminuye la carga contaminante, esto se debe a la capacidad de fitoremediación que tiene los humedales de consumir materia orgánica e inyectar oxígeno al agua, para obtener un agua de mejor calidad.

#### 6.28 TERCERA SALIDA DE CAMPO ABRIL 27 DEL 2016, DATOS DE DBO5 Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES

Para el tercer muestreo estos fueron los datos que se obtuvieron en campo y se calcularon y recopilaron en laboratorio.

##### **Cálculo del porcentaje de rendimiento para la DBO5 para el tercer muestreo**

$$R = \frac{(664 - 156)}{664} \times 100$$

$$R: 76,50 = 76\%$$

➤ **DBO5:** con este resultado se interpretó que la eficiencia de remoción para DBO<sub>5</sub> del sistema de tratamiento de aguas residuales es de un 76%. Un porcentaje bastante alto, ya que si se compara con el Cuadro 57, que son Los rendimientos de remoción típicos de un sistema de tratamiento de aguas residuales, está por encima de rango establecido para lagunas anaerobias [50-70] de remoción para DBO<sub>5</sub>, lo que nos indica que los microorganismos que se encuentran en las distintas etapas del sistema de tratamiento de aguas residuales

no requieren de mayor cantidad de oxígeno para consumir la materia orgánica que se encuentra en las aguas residuales provenientes del sacrificio.

#### **Cálculo del porcentaje de rendimiento para los Sólidos suspendidos totales para el tercer muestreo**

$$R = \frac{(1000 - 40)}{1000} \times 100$$

$$R: 96 = 96\%$$

➤ **Sólidos suspendidos totales:** con este resultado se interpretó que la eficiencia de remoción para sólidos suspendidos totales del sistema de tratamiento de aguas residuales es de un 96%. Un porcentaje bastante alto, ya que si se compara con el Cuadro 57, que son Los rendimientos de remoción típicos de un sistema de tratamiento de aguas residuales, está por encima de rango establecido para lagunas anaerobias [20-60] de remoción para sólidos suspendidos totales, lo que nos indica que hay un proceso de depuración de aguas residuales donde se disminuye la carga contaminante, esto se debe a la capacidad de fitoremediación que tiene los humedales de consumir materia orgánica e inyectar oxígeno al agua, para obtener un agua de mejor calidad.

#### **6.29 CUARTA SALIDA DE CAMPO SEPTIEMBRE 14 DEL 2016, DATOS DE DBO5 Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES**

Para el cuarto muestreo estos fueron los datos que se obtuvieron en campo y se calcularon y recopilaron en laboratorio.

#### **Cálculo del porcentaje de rendimiento para la DBO5 para el cuarto muestreo**

$$R = \frac{(615 - 17)}{615} \times 100$$

$$R: 97,23 = 97\%$$

➤ **DBO5:** con este resultado se interpretó que la eficiencia de remoción para DBO<sub>5</sub> del sistema de tratamiento de aguas residuales es de un 97%. Un porcentaje bastante alto, ya que si se compara con el Cuadro 57, que son Los rendimientos de remoción típicos de un sistema de tratamiento de aguas

residuales, está por encima de rango establecido para lagunas anaerobias [50-70] de remoción para  $DBO_5$ , lo que nos indica que los microorganismos que se encuentran en las distintas etapas del sistema de tratamiento de aguas residuales no requieren de mayor cantidad de oxígeno para consumir la materia orgánica que se encuentra en las aguas residuales provenientes del sacrificio.

#### **Cálculo del porcentaje de rendimiento para los Sólidos suspendidos totales para el cuarto muestreo**

$$R = \frac{(2000 - 140)}{2000} \times 100$$

$$R: 93 = 93\%$$

➤ **Sólidos suspendidos totales:** con este resultado se interpretó que la eficiencia de remoción para sólidos suspendidos totales del sistema de tratamiento de aguas residuales es de un 93%. Un porcentaje bastante alto ya que si se compara con el Cuadro 57, que son Los rendimientos de remoción típicos de un sistema de tratamiento de aguas residuales, está por encima de rango establecido para lagunas anaerobias [20-60] de remoción para sólidos suspendidos totales, lo que nos indica que hay un proceso de depuración de aguas residuales donde se disminuye la carga contaminante, esto se debe a la capacidad de fitoremediación que tiene los humedales de consumir materia orgánica e inyectar oxígeno al agua, para obtener un agua de mejor calidad.

#### **6.30 QUINTA SALIDA DE CAMPO SEPTIEMBRE 28 DE 2016, DATOS DE $DBO_5$ Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES**

Para el quinto muestreo estos fueron los datos que se obtuvieron en campo y se calcularon y recopilaron en laboratorio.

#### **Cálculo del porcentaje de rendimiento para la $DBO_5$ para el quinto muestreo**

$$R = \frac{(688 - 138)}{688} \times 100$$

$$R: 79,94 = 79\%$$

➤ **DBO5:** con este resultado se interpretó que la eficiencia de remoción para DBO<sub>5</sub> del sistema de tratamiento de aguas residuales es de un 79%. Un porcentaje bastante alto, ya que si se compara con el Cuadro 57, que son Los rendimientos de remoción típicos de un sistema de tratamiento de aguas residuales, está por encima de rango establecido para lagunas anaerobias [50-70] de remoción para DBO<sub>5</sub>, lo que nos indica que los microorganismos que se encuentran en las distintas etapas del sistema de tratamiento de aguas residuales no requieren de mayor cantidad de oxígeno para consumir la materia orgánica que se encuentra en las aguas residuales provenientes del sacrificio.

#### **Cálculo del porcentaje de rendimiento para los Solidos suspendidos totales para el quinto muestreo**

$$R = \frac{(2370 - 810)}{2370} \times 100$$

$$R: 65,82 = 65\%$$

➤ **Sólidos suspendidos totales:** con este resultado se interpretó que la eficiencia de remoción para sólidos suspendidos totales del sistema de tratamiento de aguas residuales es de un 65%. Un porcentaje bastante alto, ya que si se compara con el Cuadro 57, que son Los rendimientos de remoción típicos de un sistema de tratamiento de aguas residuales, está por encima de rango establecido para lagunas anaerobias [20-60] de remoción para sólidos suspendidos totales, lo que indica que hay un proceso de depuración de aguas residuales donde se disminuye la carga contaminante, esto se debe a la capacidad de fitoremediación que tiene los humedales de consumir materia orgánica e inyectar oxígeno al agua, para obtener un agua de mejor calidad.

#### **6.31 SEXTA SALIDA DE CAMPO OCTUBRE 12 DEL 2016, DATOS DE DBO5 Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES**

Para el sexto muestreo estos fueron los datos que se obtuvieron en campo y se calcularon y recopilaron en laboratorio.

#### **Calculo del porcentaje de rendimiento para la DBO5 para el sexto muestreo**

$$R = \frac{(672 - 127)}{672} \times 100$$

**R: 81,10 = 81%**

➤ **DBO<sub>5</sub>:** con este resultado se interpretó que la eficiencia de remoción para DBO<sub>5</sub> del sistema de tratamiento de aguas residuales es de un 81%. Un porcentaje bastante alto, ya que si se compara con el Cuadro 57, que son Los rendimientos de remoción típicos de un sistema de tratamiento de aguas residuales, está por encima de rango establecido para lagunas anaerobias [50-70] de remoción para DBO<sub>5</sub>, lo que nos indica que los microorganismos que se encuentran en las distintas etapas del sistema de tratamiento de aguas residuales no requieren de mayor cantidad de oxígeno para consumir la materia orgánica que se encuentra en las aguas residuales provenientes del sacrificio.

**Cálculo del porcentaje de rendimiento para los Solidos suspendidos totales para el sexto muestreo**

$$R = \frac{(2820 - 110)}{2820} \times 100$$

**R: 96,09 = 96%**

➤ **Sólidos suspendidos totales:** con este resultado se interpretó que la eficiencia de remoción para sólidos suspendidos totales del sistema de tratamiento de aguas residuales es de un 96%. Un porcentaje bastante alto, ya que si se compara con el Cuadro 57, que son Los rendimientos de remoción típicos de un sistema de tratamiento de aguas residuales, está por encima de rango establecido para lagunas anaerobias [20-60] de remoción para solidos suspendidos totales, lo que indica que hay un proceso de depuración de aguas residuales donde se disminuye la carga contaminante, esto se debe a la capacidad de fitoremediación que tiene los humedales de consumir materia orgánica e inyectar oxígeno al agua, para obtener un agua de mejor calidad.

A continuación en el Cuadro 58 se presenta los porcentajes de remoción de materia orgánica, microbiológica de las seis jornadas de muestreo para DBO<sub>5</sub> y sólidos suspendidos totales.

**Cuadro 61. Porcentaje de remoción de materia orgánica, microbiológica en las campañas de muestreo**

Jornada % de remoción	Parámetros fisicoquímicos					
	DBO	SDT	Turbidez	Coliformes Fecales	Nitratos	Fosfatos
Primera	82%	98%	97%	96%	95%	94%
Segunda	88%	97%	98%	96%	94%	1,53%
Tercera	76%	96%	93%	99%	15%	57%
Cuarta	97%	93%	92%	95%	73%	4,57%
Quinta	79%	65%	96%	99%	43%	19%
Sexta	81%	96%	98%	99%	26%	27%

**Fuente:** Elaboración propia.

El porcentaje de remoción de materia orgánica biodegradable, calculada para la Dbo<sub>5</sub>, para las diferentes épocas de muestreo, está en un rango entre 76% y 97%, lo anterior indica que el sistema remueve altos valores de materia orgánica, y en otros casos no están eficiente, por lo tanto, se propone un plan de monitoreo, construcción de más módulos de humedales e instalación de un sistema alternativo de desinfección de aguas residuales para lograr altos niveles de remoción, para cumplir con la normatividad ambiental.

El porcentaje de remoción de materia orgánica biodegradable, calculada para los sólidos suspendidos totales, para las diferentes jornadas de muestreo, está en un rango entre los 96% y 98%, lo anterior indica que el sistema remueve altos valores de materia orgánica, por lo tanto, el sistema de tratamiento de aguas residuales logra niveles óptimos de remoción para sólidos suspendidos totales.

El porcentaje de remoción de materia orgánica biodegradable, calculada para la turbidez, para las diferentes campañas de muestreo, se encuentra en rangos entre los 92% y 98%, lo anterior indica que el sistema remueve altos valores de partículas suspendidas en el agua, por lo tanto, el sistema de tratamiento de aguas residuales logra niveles óptimos de remoción para Turbidez.

El porcentaje de remoción de materia orgánica biodegradable, calculada para los coliformes fecales, para las diferentes épocas de muestreo, está en rango entre los 95% y 99%. Lo anterior indica que el sistema remueve altos valores de materia orgánica, por lo tanto, el sistema de tratamiento de aguas residuales logra niveles óptimos de remoción de coliformes fecales.



El porcentaje de remoción de materia orgánica biodegradable, calculada para los Nitratos, para las diferentes jornadas de muestreo, está en los rangos entre los 15% y 95% lo anterior indica que el sistema remueve altos valores de aguas con contenido de nutrientes, y en otros casos no es eficiente, por lo tanto, se propone un plan de monitoreo, construcción de más módulos de Humedales e instalación de un sistema alternativo de desinfección de aguas residuales para lograr altos niveles de remoción, para cumplir con la normatividad ambiental.

El porcentaje de remoción de materia orgánica biodegradable, calculada para los Fosfatos, para las diferentes campañas de muestreo, está en los rangos entre los 1,53% y 94% lo anterior indica que el sistema remueve altos valores de aguas con contenido de nutrientes, y en otros casos no están eficiente, por lo tanto, se debe propone un plan de monitoreo, construcción de más módulos de Humedales e instalación de un sistema alternativo de desinfección de aguas residuales para lograr altos niveles de remoción, para cumplir con la normatividad ambiental.

## **6.32 PLAN DE ACCIÓN**

### **6.32.1 Programa: Mejoramiento de hábitats**

#### **6.32.1.1 Estrategia: control biológico de vegetación acuática mediante Repoblamiento íctico en los Humedales artificiales de FRIGOCAFÉ S.A.**

➤ **Contexto:** se propone realizar mediante métodos biológicos convencionales, el control permanente del desarrollo y crecimiento excesivos de algunas especies de macrófitas acuáticas, que eventualmente pueden desarrollarse en ecosistemas de aguas naturales lentícos o lóticicos, así sean de características emergentes, sumergidas y flotantes, en los humedales de Frigocafé se encuentra el buchón de agua (*Eichornia crassipes*) el cual puede afectar de manera significativa la calidad del agua, si su distribución y proliferación espacial dentro del sistema hídrico no se realiza un control, contribuye a la colmatación de la superficie del espejo de agua, impidiendo que se generen procesos bioenergéticos, como por ejemplo la fotosíntesis, lo cual conllevaría a una reducción a gran escala del porcentaje de saturación del oxígeno disuelto; también de la no liberación continua hacia el medio atmosférico del Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) producto de los procesos naturales de oxidación, respiración y la degradación de la materia orgánica presentes en el cuerpo de agua.

Para tal efecto, se propone la siembra de alevinos de la especie íctica *tilapia melanopleura* o tilapia rendalli, cuyo habito alimenticio es puramente herbívoro, esta especie es utilizada convencionalmente para controlar la proliferación de la vegetación acuática en humedales, con el beneficio de no rivalizar contra otras especie ícticas adaptadas a medios acuáticos tropicales bajo el punto de vista del nivel trófico.

Pero tiene una limitante, cuando empieza su época reproductiva, construyen nidos en las zonas laterales del sistema hídrico, desarrollando grados de erosión interna, para impedir que esto suceda se llevara a cabo la cosecha y depuración de los humedales de los módulos de macrófitas emergentes y flotantes, es decir se seleccionan los individuos que han alcanzado la talla idónea para su comercialización o sacrificio.

- **Objetivo General:** controlar las especies de macrófitas acuáticas del espejo de agua.

- **Objetivos Específicos:**

- Incrementar la fauna acuática.
- Incrementar la diversidad de recursos hidrobiológicos del Humedal.

➤ **Metas:**

- Implementar una población piscícola que contribuya al beneficio de la biodiversidad que se aprovecha de este recurso.

- Realizar un manejo sostenible del recurso íctico.

➤ **Acciones.** Realizar jornadas de repoblamiento íctico con la tilapia herbívoras en los Humedales artificiales de la empresa Frigocafé s.a.

➤ **Indicadores**

- Numero de alevinos sembrados.
- Diversidad de especies ícticas.
- Composición de comunidades de vegetación acuática de la zona de los Humedales permanente y temporal: diversidad y abundancia.

➤ **Costos del proyecto.** Para estimar el presupuesto del programa de mejoramiento de hábitats se estimaron los siguientes valores en el Cuadro 59.

**Cuadro 62. Costos del proyecto mejoramiento de hábitats**

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Costo total
Alevinos	UND	600	1000	600000

**Fuente:** Elaboración propia.

**6.32.1.2 Estrategia: Control de la vegetación acuática invasora**

➤ **Contexto:** las plantas que habitan en los humedales han desarrollado una serie de mecanismos, que les ayudan a tolerar las condiciones especiales de este ecosistema. Entre las plantas de los humedales se destacan aquellas que emergen sobre la superficie del agua, y que son elementos dominantes en muchos de ellos como el buchón de agua (*Eichhornia crassipies*), que en exceso se constituyen en una limitante para el ecosistema por que reducen la disponibilidad de oxígeno dentro del agua.

Como medida preventiva para el control del material vegetal sumergido invasor en los humedales de Frigocafé, se plantea la eliminación de la vegetación acuática mediante la extracción manual, debido a que estas plantas contiene hospederos de libélulas, las cuales son importantes para el paisaje y la funcionalidad de los ecosistemas acuáticos, no se realizaran procedimientos mecánicos, y la implementación de insumos artificiales como los herbicidas convencionales, así

que se propone como opción la implementación de botes y ganchos para la extracción de la materia vegetal del buchón de agua.

Después de la extracción de la vegetación acuática se tiene que almacenar el material, el cual será utilizado como abono para procesos de siembras y compostajes.

➤ **Objetivo general.** Reducir la vegetación acuática invasora en los Humedales artificiales.

➤ **Objetivo específicos**

- Mejorar la calidad del agua.
- Recuperación del espejo del agua.
- Monitoreo del espejo de agua

➤ **Metas.** Erradicación de la vegetación acuática sumergida dentro del cuerpo de agua de los Humedales de Frigocafé.

➤ **Acciones**

- Disposición y recolección de la vegetación acuática retirada.
- Extracción manual del material vegetal acuático sumergido y flotante.

➤ **Indicadores**

- Remoción de kg de la biomasa
- Concentración de DQO, Nitratos y fosfatos removidos.
- Concentración de DBO, Nitratos y fosfatos removidos.
- Concentración de oxígeno disuelto,
- Metros cuadrados de humedal recuperado

➤ **Costo del proyecto.** Para estimar el presupuesto de la estrategia del control de vegetación acuática invasora se estimaron los siguientes valores en el Cuadro 60:

**Cuadro 63. Costos del proyecto control de la vegetación acuática invasora**

Descripción	Costo \$/m <sup>2</sup>	Área(m <sup>2</sup> )	Costo total
Retiro manual de vegetación acuática sumergida	200	10000	2000000

**Fuente:** Elaboración propia, 2016.

### 6.32.2 Programa: Control y seguimiento

#### 6.32.2.1 Estrategia: monitoreo y seguimiento de la calidad del agua de los Humedales de FRIGOCAFÉ S.A.

➤ **Contexto:** los humedales actualmente no poseen problemas de contaminación hídrica, debido a los tratamientos secundario y terciario, los cuales se encargan de la depuración de las aguas residuales que se generan en la empresa. Pero para poder conservar estos humedales a largo plazo y sin problemas de calidad de agua se hace necesario la implementación de un programa de monitoreo, el cual se encargara de identificar cambios en la calidad de agua, para reducir la probabilidad que se generen efectos negativos o conocer mejoras en la calidad del agua que se van a generar con los programas del plan de manejo ambiental (Anexo B).

➤ **Objetivo general.** Realizar monitoreos de la calidad de agua de los humedales de Frigocafé para identificar y cuantificar cambios en el espejo de agua.

#### ➤ **Objetivos específicos**

- Evaluar la calidad del agua de los humedales.
- Evaluar cambios sufridos a través del tiempo en la calidad del agua.

➤ **Metas.** Realizar informes periódicos sobre la calidad de agua de los humedales.

➤ **Acciones**

- Realizar mecanismos de manejo que reduzcan la contaminación de la calidad del agua en los humedales.
- Analizar e interpretar los resultados de los muestreos.

➤ **Indicadores**

- Índices de calidad de agua.
- Número de muestreos realizados en el año: (6)
- Numero de ICAS realizados.
- Número de especies observadas.
- Número de especies capturadas.

➤ **Costos del proyecto.** Para estimar el presupuesto del programa control y seguimiento se estimaron los siguientes valores en el Cuadro 61.

**Cuadro 64. Costos del proyecto control y seguimiento**

Descripción	unidad	cantidad	Costo/unidad	costo en todo el PMA
Monitoreo de la calidad de agua	Monitoreo mensual	6	600000	3600000

**Fuente:** Elaboración propia.

### **6.32.3 Programa: Mitigación de la contaminación hídrica.**

#### **6.32.3.1 Estrategia: Manejo, control y restauración de la calidad de agua del componente terciario**

➤ **Contexto:** para el año 2016 la calidad de agua de los humedales de Frigocafé fue mala, ya que realizando un promedio de las seis salidas nos dio un Ica de 26,84 encontrándose en los rangos de mala calidad [0,26-0,50]. Este resultado se debe al manejo que tienen los operarios de Frigocafé sobre las grasas, materia fecal, la materia orgánica, nutrientes, residuos de carnes y sangres. Las medidas de manejo que se utilizaran para la restauración de los humedales son la estabilización y manejo de sedimentos, el mejoramiento de la calidad y cantidad de agua, el control de flujos, el retiro de la hojarasca, el incremento de hábitats acuáticos y terrestres, etc., que implican dentro de los objetivos un restablecimiento o modificación de características físicas, químicas o biológicas del ecosistema.

➤ **Objetivo general.** Realizar un mejoramiento de las propiedades fisicoquímicas del agua de los Humedales Frigocafé, mediante medidas de manejo orientadas a la recuperación, manejo y control de la calidad del agua.

➤ **Objetivos específicos**

- Mejorar las condiciones fisicoquímicas del agua de los Humedales.
- Realizar índices de calidad de agua.

➤ **Metas.** Garantizar una conservación a largo plazo del componente terciario (humedales), para que no se sobrecargue el sistema de tratamiento de aguas residuales.

➤ **Acciones**

- Implementación de medidas de restauración para los humedales.
- Realización de índice de calidad de agua.
- Análisis de los resultados que se obtuvieron del índice de calidad del agua.

➤ **Indicadores**

- Índice de calidad de agua.
- Informe de análisis de resultados.
- Discusión de resultados.
- Documento final.

**Costo del proyecto:** Para estimar el presupuesto del proyecto de mitigación de la contaminación hídrica, se estimaron los siguientes valores en el Cuadro 62.

**Cuadro 65. Costo del proyecto mitigación de la contaminación hídrica**

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo de unidad	Costo en todo el PMA
Monitoreo de la calidad de agua en el componente terciario	Monitoreo Trimestral	4	600000	2400000
Retiro de sedimentos en el componentes terciario	Monitoreo Anual	1	700000	700000
Retiro de la hojarasca en el componentes terciario	Monitoreo Anual	1	700000	700000
<b>valor total</b>				<b>3800000</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

### 6.32.3.2 Estrategia: Mejoramiento y restauración de la calidad del agua del componente cuaternario del sistema de tratamiento de aguas residuales.

➤ **Contexto:** en los últimos puntos de muestreo del componente terciario de humedales, punto 5 salidas de macrófitas flotantes y punto 6 salida de filtro cuaternario se registraron valores de fosfatos y nitratos que fluctúan entre los 200 y 2000 mg/L respectivamente. Lo que nos indica que el agua sale con muchos nutrientes después de que pasa por el proceso del sistema de tratamiento de aguas residuales, que empieza desde el tratamiento primario hasta el último componente el terciario. Es por esta razón que para mitigar el problema de contaminación de agua por nutrientes se pretende implementar un circuito final de humedales con macrófitas flotantes, en la última parte donde se conecta el río Quindío con los humedales de Frigocafé. Los cuales se encargaran de remover la mayor cantidad de nutrientes, que posee las aguas provenientes del proceso de sacrificio de la empresa Frigocafé s.a (Anexo C).

➤ **Objetivo general.** Realizar un mejoramiento de la calidad del agua, en la reducción de nutrientes de los cuerpos hídricos que salen del componente terciario.



➤ **Objetivos específicos**

- Reducir el contenido de nitratos de las aguas residuales que provienen del componente terciario.
- Reducir el contenido de fosfatos de las aguas residuales que provienen del componente terciario.

➤ **Metas.** Reducir los contenidos de nitratos y fosfatos de las aguas que salen al final del proceso del sistema de tratamiento de aguas residuales.

➤ **Acciones.** Analizar e interpretar los resultados.

➤ **Indicadores**

- Concentración de Nitratos.
- Concentración de Fosfatos.
- Índices de calidad de agua.
- Numero de monitoreo realizados

➤ **Costo del proyecto:** Para estimar el presupuesto del proyecto de mejoramiento y restauración de la calidad del agua del componente cuaternario del sistema de tratamiento de aguas residuales, se estimaron los valores en el Cuadro 63.

**Cuadro 66. Costo para mejoramiento y restauración de la calidad del agua del componente cuaternario para el tratamiento de aguas residuales**

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Costo total
Monitoreo de nitratos y fosfatos	Monitoreo trimestral	4	600000	2400000

**Fuente:** Elaboración propia.

### **6.32.3.3 Estrategia: Mejoramiento del proceso de separación, recolección y almacenamiento del agua residual proveniente del sacrificio en el tratamiento primario**

➤ **Contexto:** cuando se terminan las actividades de sacrificio, los operarios no hacen separación y manejo de las sangres, materia fecal, grasas, orinas, residuos carnes, lo que hacen es verter todo esos elementos contaminantes directamente al tratamiento primario, esta situación se identificó realizando la revisión ambiental inicial de la empresa - RAI, cuando se analizaron los procesos de sacrificio y los tratamientos de aguas residuales. Después de realizar la revisión ambiental inicial, se evaluaron los aspectos ambientales se encontró que los procesos de izado-sangría y rejillas en el tratamiento primario son los que generan mayores impactos al sistema de tratamiento de aguas residuales de la empresa afectando los porcentajes de remoción de los tratamiento posteriores, generando aguas con nutrientes, materia orgánica y grasas. Entonces para poder mejorar este problema se propone una separación y reutilización de los elementos contaminantes que afectan el sistema de tratamiento de aguas residuales, los residuos de carne se separen y se almacenen en tarros para residuos peligrosos, las sangres y grasas se venda a las empresas interesadas.

➤ **Objetivo General.** Realizar un mejoramiento en el sistema de recolección y la disposición final de cada tipo de elemento contaminante generado por el proceso de sacrificio.

#### **➤ Objetivos específicos**

- Disminuir la contaminación y generación de los diferentes elementos contaminantes y que estos no sean llevados en gran cantidad al sistema de tratamiento primario.

- Evaluar cada uno de los procesos de sacrificio en su recolección y disposición final de los distintos tipos de residuos sólidos.

➤ **Meta.** Que la empresa de Frigocafé lleve a cabo la recolección y la buena separación de cada uno de los residuos dados en el sacrificio de bovino y porcino y su buena disposición final de estos y así disminuir los problemas de contaminación en el sistema de tratamiento de aguas residuales.

➤ **Acciones.** Elaboración de informes de control y seguimiento.

➤ **Indicadores**

- Informe mensual de la recolección y disposición de los residuos del sacrificio.

- Número de sacrificios mensuales de bovinos y porcinos.

➤ **Costo del proyecto:** Para estimar el presupuesto del proyecto de mejoramiento del proceso de separación, recolección y almacenamiento del agua residual proveniente del sacrificio en el tratamiento primario, se estimaron los valores en la Cuadro 64.

**Cuadro 67. Costo del proyecto mejoramiento del proceso de separación, recolección y almacenamiento del agua residual proveniente del sacrificio en el tratamiento primario**

Descripción	unidad	cantidad	costo unidad	costo en todo el PMA
Recolección y disposición final de residuos del sacrificio	mensual	2 empleados	700000	1400000

**Fuente:** Elaboración propia.

#### **6.32.4 Programa: Saneamiento ambiental.**

##### **6.32.4.1 Estrategia: Implementación de mecanismo de desinfección por radiación ultravioleta**

➤ **Contexto:** en las últimas jornadas de muestreo 4, 5 y 6 del Ica para el sistema de tratamiento de aguas residuales se obtuvieron valores de 29,93, 27,45, 40,50, 28,30, 31,84 y 29,52, si se analiza con el Cuadro 1 del Ica se encuentra en la categoría aguas de mala de calidad que hace referencia al rango de valores de [26 a 50]. En consecuencia, los humedales tienen problemas de contaminación, tiene poca diversidad de fauna acuática, aguas con mucho contenido de nutrientes y biológico. Debido a las condiciones de calidad de agua de los humedales de Frigocafé s.a., derivadas del proceso de sacrificio, es por eso que se plantea complementar el sistema de tratamiento de aguas residuales de la empresa con un sistema de desinfección de aguas residuales mediante rayos ultravioleta, los cuales las ondas de radiación ultravioleta inciden sobre los microorganismos, materia orgánica y nutrientes sin generar cambios químicos o físicos en el agua tratada. El sistema de desinfección consiste en poner en contacto el agua residual con una lámpara ultravioleta, para que los rayos ultravioleta trabajen para eliminar la carga contaminante del agua.

Esta estrategia plantea el uso de tecnologías innovadoras, como medida requerida para mejorar los niveles de nitratos, fosfatos,  $\text{DBO}_5$ , SST, turbiedad y coliformes fecales en el agua, puesto que los resultados del Ica se encuentran en niveles bajos para el desarrollo de vida acuática en los humedales (Anexo A).

➤ **Objetivo general.** Mejorar la calidad del agua del sistema de tratamiento de aguas residuales.

##### ➤ **Objetivos específicos**

- Mejorar las condiciones hidrobiológicas de las aguas derivadas del proceso de sacrificio.
- Mejorar la calidad del agua para el desarrollo de los organismos acuáticos.

➤ **Metas**

- Remociones de DBO5 del 99%.
- Remociones de SST del 99%
- Remociones de Nitratos del 99%
- Remociones de Fosfatos del 99%
- Remociones de Coliformes fecales del 99%
- Remociones de turbiedad del 99%

➤ **Acciones**

- Adquisición e instalación del sistema
- Arranque y operación

➤ **Indicadores**

- Porcentaje de remoción de DBO5
- Porcentaje de remoción de DQO

➤ **Costo del proyecto:** Para estimar el presupuesto del proyecto implementación de mecanismo de desinfección por radiación ultravioleta, se estimaron los valores en la Cuadro 65.

**Cuadro 68. Costo del proyecto implementación de mecanismo de desinfección por radiación ultravioleta**

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Costo total
Sistema de desinfección por radiación ultravioleta	1	1	930000	930000

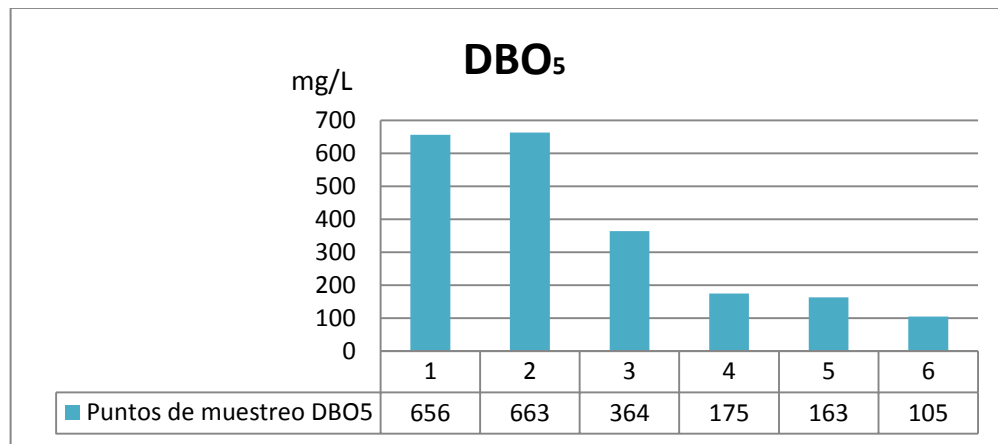
**Fuente:** Elaboración propia.

## 7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 7.1 ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS EVALUADOS PARA EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA EMPRESA FRIGOCAFÉ S.A.

A continuación se presenta el comportamiento de las variables fisicoquímicas de los puntos de muestreo en los periodos Abril-Septiembre-Octubre del 2016, en los puntos de muestreos 1-2-3-4-5-6.

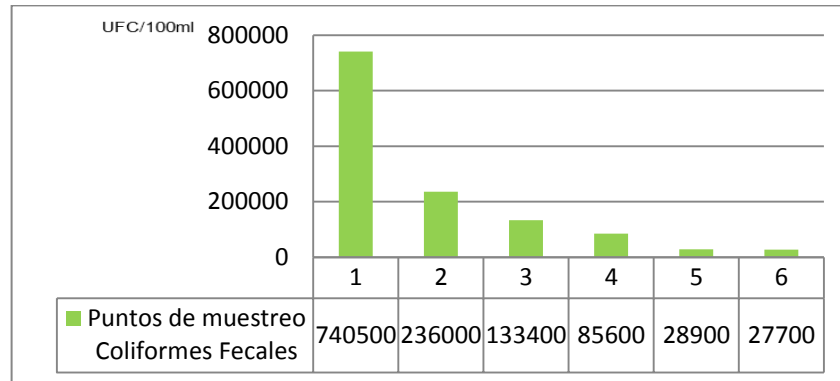
**Gráfico 1. Demanda Biológica de oxígeno**



**Fuente:** Elaboración propia.

➤ **DBO5:** para la demanda bioquímica de oxígeno en el primer punto de muestreo se obtuvo un valor de 656 mg/L, para el segundo punto de muestreo se obtuvo un valor de 663 mg/L, para el tercer punto de muestreo se obtuvo un valor de 364 mg/L, para el cuarto punto de muestreo se obtuvo un valor de 175 mg/L, para el Quinto punto de muestreo se obtuvo un valor de 163 mg/L, para el sexto punto de muestreo se obtuvo un valor de 105 mg/L. con estos resultados encontramos que los microorganismos que están dentro del medio líquido requieren de gran cantidad de oxígeno para la degradación de la materia orgánica, ya que los valores en todos los puntos de muestreos supera los 30 mg/L que es lo máximo que puede tener un cuerpo de hídrico según el Ica.

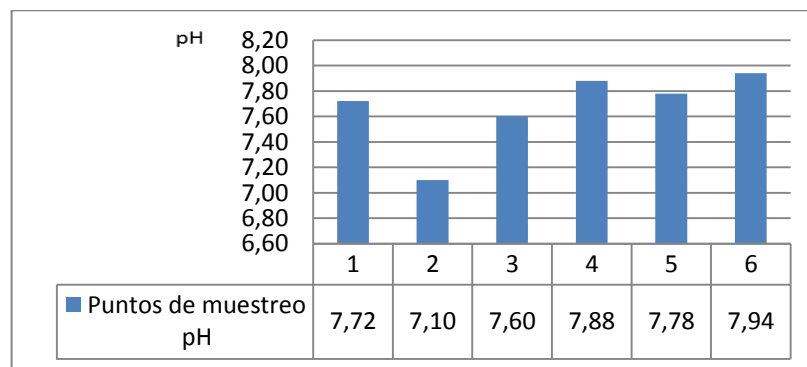
**Gráfico 2. Puntos de muestreo coliformes Fecales**



**Fuente:** Elaboración propia.

➤ **Coliformes fecales:** para los coliformes fecales, en la estación 1 y 2 los valores dieron 740500 UFC/100mL y 236000 UFC/100mL resultados muy altos, esto se debe a que en las estaciones 1 y 2 son el tratamiento primario y la Ptar donde el agua proveniente del sacrificio apenas empieza a tratarse para posteriores tratamientos de depuración de aguas residuales. En las estación 3 y 4 los valores fueron 133400 UFC/100mL y 85600 UFC/100mL, la carga de materia orgánica empieza a disminuir esto se debe al proceso de Fitoremediación que realiza los humedales para reducir la carga contaminante del agua residual que viene de las actividades de sacrificio. En la estación 5 y 6 los valores fueron 28900 UFC/100mL y 27700 UFC/100mL, aguas no aptas para consumo y contacto humano, ya que incumplen con la resolución 2117 de 2007 la cual dice que un cuerpo hídrico debe tener 0 contenido coliformes.

**Gráfico 3. pH**

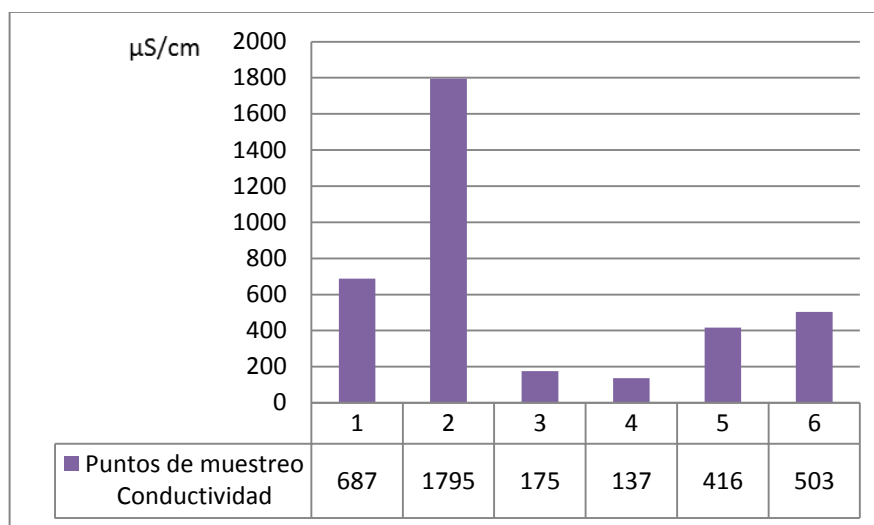


**Fuente:** Elaboración propia.



➤ **pH:** el comportamiento de pH en los seis puntos de muestreos es estable, para el primer punto de muestreo fue un valor de 7,72 pH, para el segundo punto de muestreo fue un valor de 7,10 pH, para el tercer punto de muestreo fue un valor de 7,60 pH, para el cuarto punto de muestreo fue un valor de 7,88 pH, para el quinto punto de muestreo fue un valor de 7,78 pH, para el sexto punto de muestreo fue un valor de 7,94 pH, estos resultados muestran que las aguas tratadas en las diferentes etapas del sistema de tratamiento de aguas residuales de la empresa Frigocafé cumple con el criterio de aguas naturales, el pH esta entre 6 a 9 para todos los puntos de muestreo mostrando que las aguas tratadas por Frigocafé no poseen grados altos de acidez.

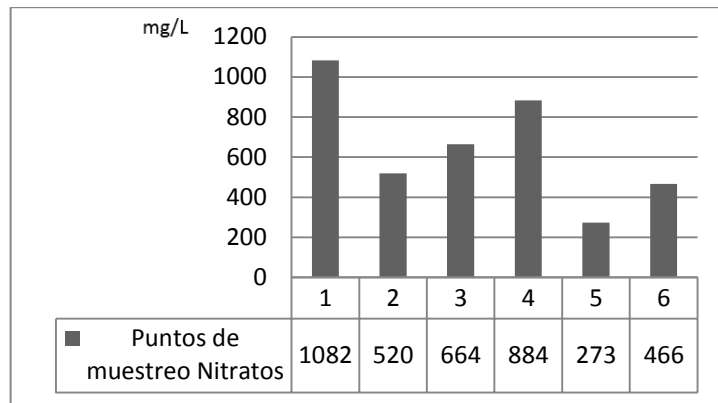
#### Gráfico 4. Conductividad



**Fuente:** Elaboración propia.

➤ **Conductividad:** para la conductividad se obtuvo un valor para la estación 1 de 687  $\mu\text{S/cm}$ , para la estación 2 se obtuvo un valor de 1795  $\mu\text{S/cm}$ , para la estación 3 se obtuvo un valor de 175  $\mu\text{S/cm}$ , para la estación 4 se obtuvo un valor de 137  $\mu\text{S/cm}$ , para la estación 5 se obtuvo un valor de 416  $\mu\text{S/cm}$ , para la estación 6 se obtuvo un valor de 503  $\mu\text{S/cm}$ . Para todas las estaciones se obtuvieron valores muy altos para la conductividad que no están dentro de los rangos establecidos para ríos de montañas de 30 a 60  $\mu\text{S/cm}$ , se presenta muchas actividades con microorganismo que generan energía dentro del cuerpo hídrico.

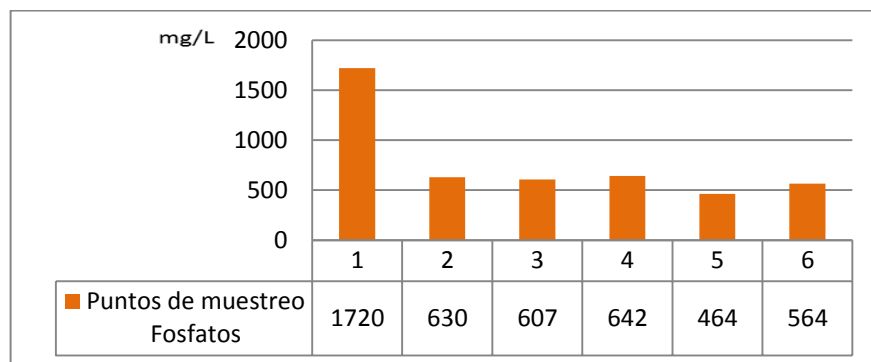
**Gráfico 5. Nitratos**



**Fuente:** Elaboración propia.

➤ **Nitratos:** en nitratos para el punto de muestreo 1 se obtuvo un valor de 1082 mg/L, un valor muy alto, un agua residual con muchos nutrientes para ese punto de muestreo, esto se debe que para este punto es donde entra directamente todas las sangres, grasas, materia fecal y residuos de carne. Para el punto de muestreo 2 se obtuvo un valor de 520 mg/L, para el punto de muestreo 3 se obtuvo un valor de 664 mg/L, para el punto de muestreo 4 se obtuvo un valor de 884 mg/L, para el punto de muestreo 5 se obtuvo un valor de 273 mg/L, para el punto de muestreo 6 se obtuvo un valor de 466 mg/L. en todos los puntos de muestreo las aguas sobrepasan los 100 mg/L que es lo máximo que puede tener un cuerpo de agua según el criterio del Ica, aguas con mucho contenido nutrientes y muchos procesos de eutrofización.

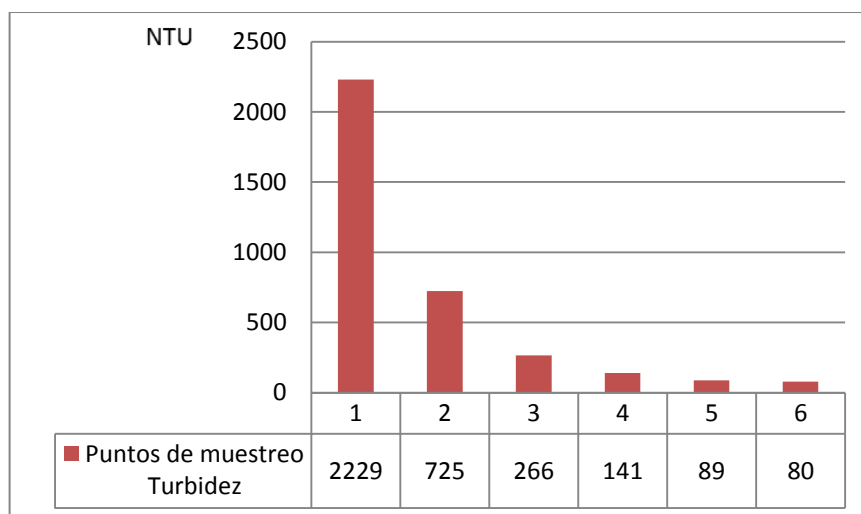
**Gráfico 6. Fosfatos**



**Fuente:** Elaboración propia.

➤ **Fosfatos:** en los Fosfatos para la estación 1 se obtuvo un valor de 1720 mg/L, para la estación 2 se obtuvo un valor de 630 mg/L, para la estación 3 se obtuvo un valor de 607 mg/L, para la estación 4 se obtuvo un valor de 642 mg/L, para la estación 5 se obtuvo un valor de 464 mg/L, para la estación 6 se obtuvo un valor de 564 mg/L. En todas las estaciones se obtuvieron valores que sobrepasan los 10 mg/L que es lo máximo que puede tener un cuerpo de agua, según el criterio del Ica son aguas con muchos nutrientes y muchos procesos de eutrofización.

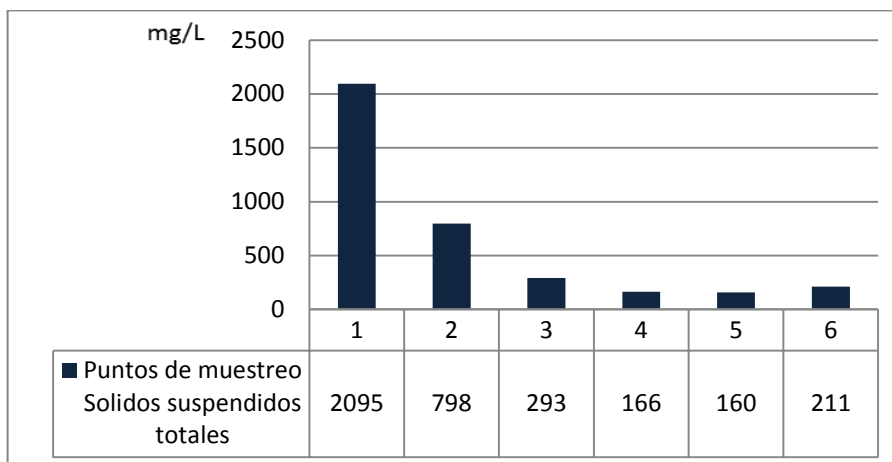
**Gráfico 7. Turbidez**



**Fuente:** Elaboración propia.

➤ **Turbiedad:** en el punto de muestreo 1 se obtuvo un valor de 2229 NTU, para el punto de muestreo 2 se obtuvo un valor de 725 NTU, para el punto de muestreo 3 se obtuvo un valor de 266 NTU, para el punto de muestreo 4 se obtuvo un valor de 141 NTU, valores muy altos según el criterio de Ica que indica que tiene que ser aguas igual o menor a los 100 NTU, tiene poca transparencia y mucha presencia de partículas suspendidas. Para el punto de muestreo 5 se obtuvo un valor de 89 NTU, para el punto de muestreo 6 se obtuvo un valor de 80 NTU, para las estaciones 5 y 6 presenta valores que no sobrepasan el criterio de los 100 NTU establecidos por el Ica para turbiedad.

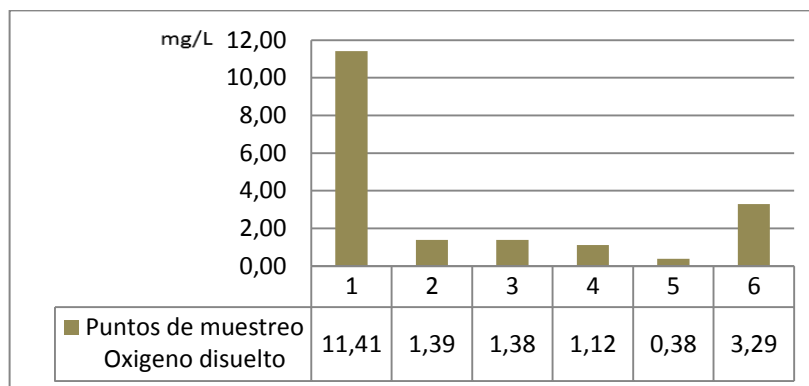
**Gráfico 8. Sólidos suspendidos Totales**



**Fuente:** Elaboración propia.

➤ **Sólidos suspendidos Totales:** los sólidos suspendidos totales registraron un comportamiento descendente, es decir a medida que el agua pasa por los diferentes puntos de muestreo su valor va disminuyendo, esto se debe a la capacidad que tiene los humedales de inyectar oxígeno al agua y degradar la materia orgánica, en la estación 1 se obtuvo un valor de 2095 mg/L, en la estación 2 se obtuvo un valor de 798 mg/L, valores muy altos por que superan los 500 mg/L que es el rango máximo permisible por el Ica, son aguas con mucho contenido orgánico e inorgánico. En la estación 3 se obtuvo un valor de 293 mg/L, en la estación 4 se obtuvo un valor de 166 mg/L, en la estación 5 se obtuvo un valor de 160 mg/L, en la estación 6 se obtuvo un valor de 211 mg/L, las estaciones 3, 4, 5 y 6 cumple con el criterio de Ica de sólidos suspendidos totales, ya que sus valores son menores a 500 mg/L, son aguas con poco contenido de sólidos orgánicos e inorgánicos.

**Gráfico 9. Oxígeno Disuelto**



**Fuente:** Elaboración propia.

➤ **Oxígeno Disuelto:** para el punto de muestreo 1 se obtuvo un valor de 11,41 mg/L, para el punto de muestreo 2 se obtuvo un valor de 1,39 mg/L, para el punto de muestreo 3 se obtuvo un valor de 1,38 mg/L, para el punto de muestreo 4 se obtuvo un valor de 1,12 mg/L, para el punto de muestreo 5 se obtuvo un valor de 0,38 mg/L, para el punto de muestreo 6 se obtuvo un valor de 3,29 mg/L. Para todos los puntos de muestreo los niveles de oxígeno disuelto son bajos, no superan el rango establecido para el Ica en oxígeno disuelto, el porcentaje de saturación tiene que ser mayor a 140% lo que nos indica que las aguas en las diferentes etapas de tratamiento de aguas residuales con poca actividad de microorganismos, es de mala calidad, hay poca abundancia de organismos acuáticos.

## 7.2 ANÁLISIS COMPARATIVOS CON LOS ESTÁNDARES DE LA RESOLUCIÓN 0631 DEL 2015

Con referencia a la Resolución 0631 de 2015, la cual establece una serie de valores o rangos de máximos de admisibilidad. Los artículos de referencia están relacionados en el cuadro 66. Se determinó que en relación a los artículos referenciados y los resultados obtenidos de *in situ* y *ex situ*, los parámetros de pH, temperatura, para todas las estaciones y los muestreos, se encuentran con nivel de aceptabilidad; en el caso de los sólidos suspendidos totales, para los primeros tres muestreos en las estaciones 1, 2 y 3 arrojó que no era aceptable frente al rango admisible mientras que para las estaciones 4, 5 y 6 se encuentra con nivel de aceptabilidad, en los muestreos 4, 5 y 6 en sólidos suspendidos totales se encontró que para casi todas las estaciones no cumple con los rangos admisibles por la resolución 0631 del 2015. Para el caso de la DBO<sub>5</sub> en todas las jornadas de

muestreos en las estaciones 1 y 2 se encontró que no era aceptable frente al rango admisible mientras que para las estaciones restantes si se encuentra en los niveles de aceptabilidad. Cabe resaltar que la resolución es una hoja de ruta parcial para este ejercicio, pero es una referencia mínima necesaria, para profundizar en el marco normativo vigente.

**Cuadro 69. Categorías de aceptabilidad en rangos de los artículos referencia de la Res. 0631 del 2015 vs los resultados de los respectivos parámetros de la caracterización de los Humedales de FRIGOCAFÉ**

				MUESTREO 1						MUESTREO 2						MUESTREO 3					
Res 0631/2015	Parámetro	Unidades	Rango	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E1	E2	E3	E4	E5	E6
Art 5	Temperatura	°C	<40,00	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Art 9	DBOs	mg/L	<450	N.A.	N.A.	A	A	A	A	N.A.	N.A.	A	A	A	A	N.A.	N.A.	A	A	A	A
	pH	pH	6,0-9,0	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	Sólidos suspendidos																				
	totales	mg/L	<225	N.A.	N.A.	N.A.	A	A	A	N.A.	N.A.	N.A.	A	A	A	N.A.	N.A.	A	A	A	A
				MUESTREO 4						MUESTREO 5						MUESTREO 6					
Res 0631/2015	Parámetro	Unidades	Rango																		
Art 5	Temperatura	°C	<40,00	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Art 9	DBOs	mg/L	<450	N.A.	N.A.	N.A.	A	A	A	N.A.	N.A.	A	A	A	A	N.A.	N.A.	A	A	A	A
	pH	pH	6,0-9,0	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	Sólidos suspendidos																				
	totales	mg/L	<225	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	A	N.A.	N.A.	N.A.	A	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	A	A	A

**A= Aceptable respecto al rango admisible      N.A= No Aceptable respecto al rango admisible**

**Fuente:** Elaboración propia.

### 7.3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL ICA DE LOS HUMEDALES DE FRIGOCAFÉ

Para la primera jornada de muestreo de los humedales, para la estaciones 4 y 5 el cálculo del Ica arroja valores de 32,32 y 31,15 se encuentra en el Cuadro 1 en la categoría Mala que hace referencia al rango de valores entre 26 a 50. En consecuencia, el índice establece que los humedales están contaminados, poseen una diversidad baja de la vida acuática y están experimentando problemas con la contaminación. Para mejorar este resultado se debe implementar monitoreos para revisar cual es la calidad del agua y realizar mantenimientos de manejo de sedimentos, control de flujos, y extracción de material vegetal que llega a los humedales.

**Cuadro 70. Resultados y análisis del ICA para los puntos de muestreos de la primera jornada de muestreo**

Primera jornada de muestreo					
Est.	M2	ICA	Rango	Cualitativo	Color
E4	P4	32,32	(26 a 50)	Mala	
E5	P5	31,15	(26 a 50)	Mala	

**Fuente:** Elaboración propia.

Para la segunda jornada de muestreo, Para la estación 4 y 5, el cálculo del Ica arrojó valores de 27,43 y 31,10 se encuentra en el Cuadro 1 en la categoría Mala que hace referencia al rango de valores entre 26 a 50. En consecuencia, el índice establece que los humedales están contaminados, poseen una diversidad baja de la vida acuática y están experimentando problemas con la contaminación. Para mejorar este resultado se debe implementar monitoreos para revisar cual es la calidad del agua y realizar mantenimientos de manejo de sedimentos, control de flujos, y extracción de material vegetal que llega a los humedales.

**Cuadro 71. Resultados y análisis del ICA para los puntos de muestreos de la segunda jornada de muestreo**

Segunda jornada de muestreo					
Est.	M2	ICA	Rango	Cualitativo	Color
E4	P4	27,43	(26 a 50)	Mala	
E5	P5	31,10	(26 a 50)	Mala	

**Fuente:** Elaboración propia.

Para la tercera jornada de muestreo, para la estación 4 y 5 el cálculo del Ica arrojó valores de 41,47 y 33,22, se encuentra en el Cuadro 1 en la categoría Mala que hace referencia al rango de valores entre 26 a 50. En consecuencia, el índice establece que los humedales están contaminados, poseen una diversidad baja de la vida acuática y están experimentando problemas con la contaminación. Para mejorar este resultado se debe implementar monitoreos para revisar cual es la calidad del agua y realizar mantenimientos de manejo de sedimentos, control de flujos, y extracción de material vegetal que llega a los humedales.

**Cuadro 72. Resultados y análisis del ICA para los puntos de muestreos de la tercera jornada de muestreo**

Tercera jornada de muestreo					
Est.	M2	ICA	Rango	Cualitativo	Color
E4	P4	41,47	(26 a 50)	Mala	
E5	P5	33,22	(26 a 50)	Mala	

**Fuente:** Elaboración propia.

Para la cuarta jornada de muestreo, para la estación 4 y 5, el cálculo del Ica arrojó valores de 29,93 y 27,45, que se encuentra en el Cuadro 1 en la categoría Mala que hace referencia al rango de valores entre 26 a 50. En consecuencia, el índice establece que los humedales están contaminados, poseen una diversidad baja de la vida acuática y están experimentando problemas con la contaminación. Para mejorar este resultado se debe implementar monitoreos para revisar cual es la calidad del agua y realizar mantenimientos de manejo de sedimentos, control de flujos, y extracción de material vegetal que llega a los humedales.

**Cuadro 73. Resultados y análisis del ICA para los puntos de muestreos de la cuarta jornada de muestreo**

Cuarta jornada de muestreo					
Est.	M3	ICA	Rango	Cualitativo	Color
E4	P10	29.93	(26 a 50)	Mala	
E5	P11	27.45	(26 a 50)	Mala	

**Fuente:** Elaboración propia.

Para la quinta jornada de muestreo, para la estaciones 4 y 5, el cálculo del Ica arrojó valores de 40,50 y 28,30 que se encuentra en el Cuadro 1 en la categoría Mala que hace referencia al rango de valores entre 26 a 50. En consecuencia, el índice establece que los humedales están contaminados, poseen una diversidad baja de la vida acuática y están experimentando problemas con la contaminación. Para mejorar este resultado se debe implementar monitoreos para revisar cual es la calidad del agua y realizar mantenimientos de manejo de sedimentos, control de flujos, y extracción de material vegetal que llega a los humedales.



**Cuadro 74. Resultados y análisis del ICA para los puntos de muestreos de la quinta jornada de muestreo**

Quinta jornada de muestreo					
Est.	M2	ICA	Rango	Cualitativo	Color
E4	P4	40.50	(26 a 50)	Mala	
E5	P5	28.30	(26 a 50)	Mala	

**Fuente:** Elaboración propia, 2016.

Para la sexta jornada de muestreo, para la estaciones 4 y 5, el cálculo del Ica arrojó valores de 31,84 y 29,52, que se encuentra en el Cuadro 1 en la categoría Mala que hace referencia al rango de valores entre 26 a 50. En consecuencia, el índice establece que los humedales están contaminados, poseen una diversidad baja de la vida acuática y están experimentando problemas con la contaminación. Para mejorar este resultado se debe implementar monitoreos para revisar cual es la calidad del agua y realizar mantenimientos de manejo de sedimentos, control de flujos, y extracción de material vegetal que llega a los humedales.

**Cuadro 75. Resultados y análisis del ICA para los puntos de muestreos de la sexta jornada de muestreo**

Sexta jornada de muestreo					
Est.	M2	ICA	Rango	Cualitativo	Color
E4	P4	31.84	(26 a 50)	Mala	
E5	P5	29.52	(26 a 50)	Mala	

**Fuente:** Elaboración propia.

## 8. CONCLUSIONES

Esta clase de estudios basados en humedales artificiales, en los que se renuevan continuamente los métodos, procesos y conocimientos, debido a la interacción de los seres humanos y el medio ambiente. Esta permanente variabilidad, hace necesario un constante control de calidad del agua involucrada en el tratamiento terciario siendo importante el control de calidad del agua tratada, para registrar los cambios que se generen y hacer los respectivos controles oportunos.

Esta investigación permite reafirmar la eficacia que tienen los humedales de Frigocafé s.a. en el tratamiento de aguas residuales para la remoción de materia orgánica con resultados de  $\text{DBO}_5$  que se encuentra en un rango entre 76% y 97%, y SST está en un rango entre los 96% y 98%, demostrando que los humedales generan procesos de fitoremediación que disminuyen la carga contaminante de las aguas que se derivan de las actividades del sacrificio.

La empresa Frigocafé s.a. con la instalación y puesta en marcha de la Ptar, con los sistemas de tratamiento: primario, secundario anaeróbico, terciario compuesto de humedales, con plantas acuáticas emergentes y flotantes, y el tratamiento cuaternario, ha logrado que las aguas residuales del proceso de sacrificio de vacunos y porcinos, tengan un porcentaje de remoción de materia orgánica entre el 76 al 97%, e igualmente remueve, sólidos totales, turbiedad, coliformes, Lo anterior, muestra un buen manejo ambiental de la empresa con el propósito de ajustarse a la norma 0631 del 2015.

El sistema de tratamiento de aguas residuales de la empresa, tiene deficiencias en el manejo de nutrientes como: fosfatos y nitratos, debido a los resultados obtenidos por el Ica que registran una alta concentración de nitratos y fosfatos que se encuentran entre los 150 y 2000 mg/L, para lo cual se sugiere una ampliación en el área de los humedales.

La planta de sacrificio de ganado porcino y bobino “Frigocafé”, genera una dinámica económica que viene tomando fuerza en el Departamento del Quindío y es la única planta sacrificio que se ajusta a las condiciones que exige el decreto 1500 de 2007, y la Corporación Autónoma Regional del Quindío - CRQ. En este sentido, Debido al mal manejo de las aguas residuales derivadas del proceso de sacrificio de otras plantas de beneficio de bobino y porcino, que operan en los Municipios de Génova, Montenegro, Quimbaya y la Tebaida, estas están en riesgo de suspender actividades, dado que no se han ajustado, en el manejo de sus desechos.

El proceso de tratamiento terciario de agua residual por medio de sedimentadores de flujo laminar con filtros biológicos y humedales, son de gran importancia para mitigar el impacto que puede causar el agua vertida del proceso de sacrificio, consiguiendo los límites admisibles por la norma y generando un ambiente más limpio.

En los análisis del índice de calidad de agua se obtuvieron valores que oscilan entre el rango de (26 a 50) que se encuentra en la categoría mala en los criterios de clasificación del Ica, para mejorar el problema de contaminación hídrica que poseen los humedales se debe implementar los programas del plan de manejo: Realizar el control biológico de la vegetación acuática mediante Repoblamiento íctico, Control de la vegetación acuática invasora mediante la extracción manual, Monitoreo, ejecutar el seguimiento de la calidad del agua de los humedales y enfrentar el proceso de contaminación mediante la implementación del filtro cuaternario y el sistema de desinfección mediante rayos ultravioletas, los cual se encargaran de mejorar la calidad del agua de los humedales.

Antes de iniciar el proyecto, no había información secundaria sobre la caracterización físico-química de los humedales de la empresa Frigocafé s.a., obteniéndose en este proyecto los primeros datos específicos en relación a la calidad del agua de este lugar.

## **9. RECOMENDACIONES**

Se debe realizar una buena operación y mantenimiento constante de los sistemas de tratamientos, si se realizan todos los controles y manejos adecuados, no se tendrá problemas que agudicen la situación en la zona.

El proceso de disposición final (tratamiento Terciario) debe ser monitoreado y evaluado constantemente, para evitar la contaminación o alteración de las propiedades o condiciones del suelo y del agua, con las altas concentraciones de nitratos y fosfatos.

Es necesario realizar estudios más completos de las condiciones y características de los humedales de Frigocafé para adquirir información más clara sobre el estado ambiental de este sitio, incluyendo el componente ecológico sobre estudios de calidad de agua, climas, suelos, biodiversidad, fortaleciendo el estudio previamente realizado del plan de manejo de los humedales de Frigocafé s.a..

## BIBLIOGRAFÍA

ALVARADO, Tatiana; GUZMÁN CASTRO, Mercedes y TORRES, Jesús Ernesto. Formulación del plan de manejo ambiental para planta de concreto en la ciudad de Buenaventura [en línea]. Buenaventura: Universidad Libre, 2010 [consultado el 18 de febrero del 2016]. Disponible en Internet: <http://www.unilibre.edu.co/revistaingeniolibre/revista9/articulos/Formulacion-del-plan-de-manejo-ambiental-para-planta-de-concreto-en-la-ciudad-de-Buenaventura.pdf>.

ARENAS SHARIS, María Adriana del Pilar. Evaluación de Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales del sector industrial avícola [en línea], Trabajo de grado especialista en ingeniería ambiental. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías físico químicas, 2010. 16 p. [consultado 1 de noviembre del 2016]. Disponible en Internet: <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7497/2/136094.pdf>.

BEHAR, Roberto; ZÚÑIGA, María del Carmen y ROJAS, Olga. Índice de calidad de agua [en línea]. En: Universidad del valle, Santiago de Cali. Octubre, 2011, vol. 01, no. 1, p.18 [consultado el 5 de julio del 2016]. Disponible en Internet: <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/1489>.

BENAVIDES, Rivera Verónica. Diseño del plan de gestión ambiental para la Industria Textil Aritex de Colombia S.A. Trabajo de grado. Ingeniería Ambiental [en línea]. Cali: Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ciencias Básicas, 2015 [consultado 28 de octubre del 2016], Disponible de Internet: <https://red.uao.edu.co/bitstream/10614/7875/1/T05873.pdf>.

CAICEDO, Axel; BERNAL, Carlos; HIDALGO, Carlos, et. al. Plan de manejo ambiental humedal Juan Amarillo [en línea]. Bogotá D.C: Acueducto y alcantarillado de Bogotá, 2010 [consultado 18 de febrero de 2016]. Disponible en Internet: <http://ambientebogota.gov.co/documents/10157/760385/PMA+UNIFICADO+JUAN+AMARILLO.pdf>.

CORREA, Juan Diego. Calidad del agua en humedales del plano de inundación del río Atrato. En: Ciencias Ambientales y Sostenibilidad CAS. Enero-junio, 2014, vol. 1, no. 1, p. 94 [consultado el 16 de febrero del 2016], Disponible en Internet: <https://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/CAA/article/download/16917/16758>.

Definición de plan de manejo ambiental [en línea]. Bogotá D.C: Wordpress, 2015 [consultado el 17 de febrero del 2016]. Disponible en Internet: <https://carlosvillalobossena.wordpress.com/>.

------. Plan de gestión de riesgo para el manejo de vertimientos. Armenia, 2016. 1 archivo de computador

Frigocafé actividades de apoyo a la ganadería [en línea]. Armenia: Frigocafé, 2016 [consultado el 15 de febrero del 2016]. Disponible en Internet: <http://empresite.eleconomistaamerica.co/FRIGOCAFÉ-SA.html>.

------. Tratamiento terciario de aguas residuales. Armenia, 2013. 1 archivo de computador.

GARCÍA, Alba Lorena; ARBELÁEZ, Javier Antonio; RAMÍREZ, Mónica Patricia Yerly y MARTÍNEZ, Andrés. Informe del estado actual de los recursos naturales y el ambiente 2011 [en línea]. Armenia: Contraloría, 2011. [consultado el 28 de marzo de 2016], Disponible en internet: <http://contraloria-quindio.gov.co/apc-aa-files/61316431643234636130323739666637/informe-final-estado-de-la-recursos-naturales-y-el-ambiente-quindio-2011.pdf>.

GARCÍA, Diego Alejandro y LEAL, Dianna Carolina. Desarrollo de un humedal artificial piloto con especies no convencionales para mitigar la contaminación generada por el vertimiento de aguas residuales provenientes del centro de visitantes del Parque Nacional Natural Amacayacu – Amazonas [en línea]. Trabajo de grado ingeniero ambiental. Bogotá: Universidad La Salle. Facultad de ingeniería ambiental, 2014. 21 p. [consultado 1 de noviembre del 2016]. Disponible en Internet: <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/14844/T41.06%20G165d.pdf?sequence=1>.

GÓMEZ AGUDELO, Mayeline. Plan de manejo de ambiental [en línea]. Bligoo.com, [Consultado el 18 de febrero del 2016], Disponible en Internet: <http://evaluaciondelimpactoambiental.bligoo.com.co/media/users/20/1033390/files/255491/PresentacionEIA6.pdf>.

GUTIÉRREZ, Luis Carlos; VILLA, García y TRONCOSO OLIVO, Orlando Walberto. Caracterización de efluentes objeto de cobro de la tasa retributiva [en línea]. Barranquilla: CORPOCESAR, 2011. [consultado 9 de agosto del 2016]. Disponible en Internet: <http://www.corpocesar.gov.co/files/informe%20ejecutivo%202011.pdf>.

Índice de calidad del agua general [en línea]. San Salvador: Servicio nacional de estudios territoriales, 2012 [consultado el 16 de febrero del 2016]. Disponible en Internet: <http://www.snet.gob.sv/estudios/uploads/calculolCA.pdf>.

Índice de calidad de agua [en línea]. Bogotá D.C: Ideam, 2005 [consultados el 14 de febrero del 2017]. Disponible en Internet: [http://www.ideam.gov.co/documents/24155/125494/36-3.21 HM Indice calidad agua 3 FI.pdf/9d28de9c-8b53-470e-82ab-daca2d0b0031](http://www.ideam.gov.co/documents/24155/125494/36-3.21+HM+Indice+calidad+agua+3+FI.pdf/9d28de9c-8b53-470e-82ab-daca2d0b0031).

JIMÉNEZ, Mildred; CHAIN, Adina y LOCATELLI, Bruno. Efectos del cambio climático en la distribución de zonas de vida en Centroamérica [en línea]. Costa Rica. [consultado 7 de julio de 2016], Disponible en Internet: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A7403e/A7403e.pdf>.

LEONEL, Andrés. Plan de manejo ambiental para el humedal urbano lago Panamericano ubicado en la ciudad de Santiago de Cali. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente, 2004. P. 36.

LIZARAZO, Jenny Milena y ORJUELA, Martha Isabel. Sistemas de plantas de tratamiento de aguas residuales en Colombia [en línea]. Trabajo de grado especialización en administración en salud pública. Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de medicina, 2013. 7 p. [consultado 9 de agosto del 2016]. Disponible en Internet: <http://www.bdigital.unal.edu.co/11112/1/marthaisabelorjuela2013.pdf>.

Localización geográfica de Frigocafé s.a. [en línea]. Armenia: Frigocafé, 2016 [consultado el 22 de febrero del 2016], Disponible en Internet: <http://empresite.eleconomistaamerica.co/FRIGOCAFÉ-SA.html>.

MANCIPE, Ángela María; VÁSQUEZ CAMARGO, Claudia Marcela y VÁSQUEZ ZAPATA, Guillermo León. Plan de Manejo del humedal Cañasgordas [en línea]. Santiago de Cali: Alcaldía de Santiago de Cali, 2007 [consultado el 18 de febrero del 2016]. Disponible en Internet: [http://www.cali.gov.co/publico2/documentos/dagma/estudios\\_ambientales/PLANM\\_ANEJOCONTRATOCONSULTORIA557\\_06\\_PARTE12007.pdf](http://www.cali.gov.co/publico2/documentos/dagma/estudios_ambientales/PLANM_ANEJOCONTRATOCONSULTORIA557_06_PARTE12007.pdf).

MANUAL DE LA CONVENCION DE RAMSAR. Guía a la Convención sobre los Humedales [en línea]. 4ed. Ramsar, 2006. p. 10 [consultado el 17 de febrero del 2016]. Disponible en Internet: [http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib/lib\\_manual2006s.pdf](http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib/lib_manual2006s.pdf).

MANEJO DE HUMEDALES: Marcos para manejar humedales de importancia internacional y otros humedales [en línea]. 4ed. Ramsar, 2010. p. 58 [consultado 7 de julio de 2016]. Disponible en internet: <http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib/hbk4-18sp.pdf>.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, Decreto 1541 de 1978 [en línea], [Consultado 19 de febrero de 2016], Disponible en Internet: [https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislaci%C3%B3n\\_del\\_agua/Decreto\\_1541.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislaci%C3%B3n_del_agua/Decreto_1541.pdf).

MINISTERIO DE AGRICULTURA. Decreto 1594 de 1984 [en línea], [Consultado 19 de febrero de 2016], Disponible en Internet: [http://www2.igac.gov.co/igac\\_web/normograma\\_files/DECRETO%201594-1984%20usos%20del%20agua%20y%20residuos%20liquidos.pdf](http://www2.igac.gov.co/igac_web/normograma_files/DECRETO%201594-1984%20usos%20del%20agua%20y%20residuos%20liquidos.pdf).

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 1128 de 2006 mavdt [en línea], [Consultado 19 febrero de 2016], Disponible en Internet: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=40271>.



MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Eficiencias de remoción. Bogotá, 2000, p 46

MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 0631 de 2015 [en línea], [Consultado 7 de julio de 2016], Disponible de Internet: [https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/d1-res\\_631\\_marz\\_2015.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/d1-res_631_marz_2015.pdf)

-----.. Decreto 1640 de 2012 [en línea], [Consultado 19 de febrero de 2016], Disponible en Internet: [https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2012/dec\\_1640\\_2012.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2012/dec_1640_2012.pdf).

-----.. Decreto 3930 de 2010 [en línea], [Consultado 19 de febrero de 2016], Disponible en Internet: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=40620>.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. CONVENIO RAMSAR, convenio sobre la diversidad biológica, 1992 comunidad internacional [en línea], [Consultado 19 de febrero de 2016], Disponible en Internet: <http://ambientebogota.gov.co/normatividad2>

-----.. Código Nacional de Recursos Naturales Dc. 2811 de 1974 [en línea]. Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá, 1974. [consultado 18 de febrero del 2016]. Disponible en Internet: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1551>.

-----.. Constitución de la política nacional [en línea]. Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá. [consultado 19 febrero de 2016]. Disponible en Internet: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=4125>.

-----.. CONVENCIÓN RAMSAR, 1971 Comunidad internacional [en línea]. Colombia: MINAMBIETE. [consultado 19 de febrero de 2016], Disponible en Internet: <http://ambientebogota.gov.co/normatividad2#sthash.N55SNwh8.dpuf>.

-----. Decreto 1541 de 1978 [en línea]. Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá. [consultado 18 de febrero de 2016]. Disponible en Internet: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1250>.

-----. Decreto 1594 de 1984 [en línea]. Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá. [consultado 19 de febrero de 2016]. Disponible en Internet: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18617>.

-----. Ley 165 de 1994 [en línea], [Consultado 19 de febrero de 2016], Disponible en Internet: [https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemas/pdf/Recursos\\_Genéticos\\_/Ley\\_165\\_de\\_19](https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemas/pdf/Recursos_Genéticos_/Ley_165_de_19).

-----. Ley 357 de 1997 [en línea]. Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá. [consultado 19 de febrero de 2016]. Disponible en Internet: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=344>.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Ley 99 de 1993 [en línea]. Colombia: IDEAM, 1993. [consultado 19 de febrero de 2016]. Disponible en Internet: [http://www.ideam.gov.co/documents/24024/26915/C\\_Users\\_hbarahona\\_Desktop\\_Monica+R\\_normas+pag+web\\_ley99.pdf/74d71519-bd5b-483e-99f5-d38c2cf1c11e](http://www.ideam.gov.co/documents/24024/26915/C_Users_hbarahona_Desktop_Monica+R_normas+pag+web_ley99.pdf/74d71519-bd5b-483e-99f5-d38c2cf1c11e).

-----. Resolución 1238 de 2012 [en línea]. Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá. [consultado 19 de febrero de 2016]. Disponible en Internet: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=49965>.

-----. Resolución 157 de 2004 [en línea]. Colombia: Red Jurista. [consultado 19 de febrero de 2016]. Disponible en Internet: [https://www.redjurista.com/documents/r\\_mavdt\\_0157\\_2004.aspx](https://www.redjurista.com/documents/r_mavdt_0157_2004.aspx).

-----. Resolución 196 del 2006 [en línea]. Colombia: Observatorio IRSB, [consultado 19 de febrero de 2016]. Disponible en Internet: <http://www.observatorioirsb.org/cmsAdmin/uploads/rl019606.pdf>.

MONGE ORTIZ, Ana María. Productos derivados de los humedales [en línea]. San José: Área de conservación tortuguero, 2002 [consultado el 17 de febrero del

2016], Disponible en Internet: <http://www.acto.go.cr/index.php/es/biologia-y-ecosistemas/68-productos-derivados-de-los-humedales>.

ORAM, Brian. Calculating NSF Water Quality Index [in line]. Dallas: Water Research Center, 2014 [consultado el 17 de febrero del 2016], [Disponible en Internet: http://www.water-research.net/watrqualindex/index.htm](http://www.water-research.net/watrqualindex/index.htm).

PIÑEYRO, Marcelo. Experiencia piloto con humedales construidos: efectos de la estacionalidad de un ciclo anual en el tratamiento de efluentes de un frigorífico de pescado [en línea]. Trabajo de grado maestría en ciencias ambientales. Montevideo: Universidad de la república. Facultad de ciencias, 2014. 4 p. [consultado 1 de noviembre del 2016]. Disponible en Internet: [http://ambiente.fcien.edu.uy/tesis/Tesis\\_final MACA%20Marcelo%20Pi%C3%B1eyro.pdf](http://ambiente.fcien.edu.uy/tesis/Tesis_final_MACA%20Marcelo%20Pi%C3%B1eyro.pdf).

Proyecciones de población [en línea]. Bogotá D.C: Dane, 2016 [consultado 30 de marzo de 2016]. Disponible en Internet: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion>.

Planta de Frigocafé llegó al 99% de descontaminación de sus procesos industriales [en línea]. Armenia: La crónica del Quindío, 2014 [consultado el 15 de febrero del 2016]. Disponible en Internet: [http://www.cronicadelquindio.com/noticia-completa-titulo-planta-de-frigocaf lleg al 99 de descontaminacin de sus procesos industriale s-seccion-la regin-nota-83105#comment](http://www.cronicadelquindio.com/noticia-completa-titulo-planta-de-frigocaf-lleg-al-99-de-descontaminacin-de-sus-procesos-industriales-seccion-la-regin-nota-83105#comment).

Plan de manejo ambiental [en línea]. Lima: SPDA, 2008 [consultado el 17 de febrero del 2016], Disponible en Internet: [http://legislacionambientalspda.org.pe/index.php?option=com\\_content&id=460&Itemid=3530](http://legislacionambientalspda.org.pe/index.php?option=com_content&id=460&Itemid=3530).

Plan de manejo ambiental [en línea]. Bogotá D.C: E-QUAL, 2011 [consultado el 17 de febrero del 2016]. Disponible en Internet: <http://equalambiental.com/plan-de-manejo-ambiental-pma/>.

Plan de manejo del complejo de Humedales de la Meseta de Popayán [en línea]. Popayán: Corporación Regional del Cauca [CRC], 2006 [Consultado 18 de febrero de 2016], Disponible en Internet: [http://crc.gov.co/files/ConocimientoAmbiental/PMH\\_meseta\\_popayan.pdf](http://crc.gov.co/files/ConocimientoAmbiental/PMH_meseta_popayan.pdf).

Plan de manejo del humedal de Techo [en línea]. Bogotá D.C: Pontificia Universidad javeriana, 2007 [consultado 18 de febrero del 2016], Disponible en Internet: [http://ambientebogota.gov.co/c/document\\_library/get\\_file?uuid=8d20bde8-3f09-4c0f-aaf4-696350f4aef4&groupId=10157](http://ambientebogota.gov.co/c/document_library/get_file?uuid=8d20bde8-3f09-4c0f-aaf4-696350f4aef4&groupId=10157).

Plan de manejo humedal la Vaca [en línea]. Bogotá D.C: Alcaldía Mayor de Bogotá, 2008 [consultado 18 de febrero del 2016]. Disponible en Internet: [http://ambientebogota.gov.co/documents/21288/178057/PMA\\_LaVaca.pdf](http://ambientebogota.gov.co/documents/21288/178057/PMA_LaVaca.pdf).

Plan de manejo ambiental de Jaboque [en línea]. Bogotá D.C: Acueducto de Agua y alcantarillado de Bogotá, 2006 [consultado 18 de febrero del 2016]. Disponible en Internet: <http://ambientebogota.gov.co/documents/10157/2316609/Diagn%C3%B3stico+PM A+Humedal+Jaboque+06-13.pdf>.

Plan de manejo subcuenca río Quindío [en línea]. Armenia: Corporación regional del Quindío, 2011 [Consultado 2 de marzo de 2016], Disponible en Internet: <https://www.crg.gov.co/Documentos/POMCH/PLAN%20DE%20MANEJO%20SUB CUENCA%20RIO%20QUINDIO%202011,%20FINAL%20DIC.pdf>.

¿Qué es la Convención de Ramsar sobre los Humedales? [en línea]. Zaragoza: L'auca, 2006 [consultado el 17 de febrero del 2016], Disponible en Internet: <http://www.grupolauca.com/pdf/22.pdf>.

Radiación ultravioleta [en línea]. En: BVSDE. [consultado 14 de febrero del 2017]. Disponible en Internet: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/desinfeccion/capitulo4.pdf>.

RAMSAR, Manejo de Humedales [en línea]. Colombia: RAMSAR [consultado 7 de julio de 2016]. Disponible de Internet: <http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib/hbk4-18sp.pdf>.

RED DE DESARROLLO SOSTENIBLE DE COLOMBIA. Política nacional ambiental 1994- 1998 [en línea]. Colombia: RDS, 1998. [consultado 19 de febrero de 2016]. Disponible en Internet: <http://www.rds.org.co/politicas.htm>.

REOLON, Luis. Índices de calidad de aguas [en línea]. [consultado el 17 de febrero del 2016]. Disponible en Internet: <http://www.pnuma.org/agua-miaac/CODIA%20CALIDAD%20DE%20LAS%20AGUAS/MATERIAL%20ADICIONAL/PONENCIAS/PONENTES/Te.ma%203%20GRH%20Uruguay%20A%20Guarani/INDICES%20DE%20CALIDAD%20DEL%20AGUA%20SUPERFICIAL.pdf>.  
CARMONA, Andrés Mauricio y MUÑOZ,

ROBLES, Wilfredo y Madsen, John D. Jacinto de agua [*Eichhornia crassipes*] (Mart.) Solms [en línea]. San Juan: Universidad de Puerto Rico, 2015 [consultado el 16 de febrero de 2016], Disponible en Internet: [http://atlas.eea.uprm.edu/sites/default/files/Jacinto%20de%20agua-Eichhornia%20crassipes\\_0.pdf](http://atlas.eea.uprm.edu/sites/default/files/Jacinto%20de%20agua-Eichhornia%20crassipes_0.pdf).

ROLDAN PÉREZ, Gabriel. Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua [en línea]. En: Ecología, 1999, Vol. 23 [consultado el 2 de noviembre del 2016], Disponible en internet: [http://www.accefyn.org.co/revista/Vol\\_23/88/375-387.pdf](http://www.accefyn.org.co/revista/Vol_23/88/375-387.pdf).

SALAZAR LÓPEZ, Liliana. Humedal Laguna de la Herrera [en línea]. Bogotá D.C: Corporación Autónoma Regional Cundinamarca, 2006 [consultado 18 de febrero del 2016]. Disponible en Internet: <https://humedalessuescaylaherrera.files.wordpress.com/2012/11/pma-herrera-para-blog-revisado-para-blog.pdf>.

SOLER, Juan Pablo y LEÓN, Daniel. Impactos ambientales de la expansión de Palma Aceitera en el Magdalena Medio, hablan los pobladores [en línea]. Bogotá D.C: Corporación Sembrar, 2009 [consultado el 17 de febrero de 2016]. Disponible en Internet: [http://prensarural.org/spip/IMG/pdf/Informe\\_de\\_Impactos\\_Ambientales\\_Version\\_FINAL\\_1.pdf](http://prensarural.org/spip/IMG/pdf/Informe_de_Impactos_Ambientales_Version_FINAL_1.pdf).

------. Revisión y ajuste de los planes de manejo ambiental de los humedales de neuta, tierra blanca, laguna de la herrera y humedal el yulo de acuerdo con lo establecido en la resolución 157 de 2004 del MAVDT [en línea]. Bogotá D.C: Corporación Autónoma regional de Cundinamarca, 2006 [consultado 18 de febrero del 2016]. Disponible en Internet: <https://www.car.gov.co/index.php?idcategoria=75734&download=Y>

SECRETARIA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE DE LA NACIÓN. Humedales [en línea]. Colombia: Minambiente. [consultado el 17 de febrero del 2016], Disponible en Internet: <http://www.ambiente.gov.ar/default.asp?IdArticulo=344>.

SERRANO, Claudia Cristina; PÁEZ RAMÍREZ, Andrés, et. al. Situación de los páramos en Colombia frente a la actividad antrópica y el cambio climático [en línea]. Bogotá D.C: Procuraduría Delegada para Asuntos Ambientales y Agrarios, 2007 [consultado el 6 de Julio del 2016], Disponible en internet: <http://asomuna.org/index.php/documentos/Medio%20Ambiente/Informe%20situacion%20de%20Los%20Paramos%20en%20Colombia.pdf/download>.

SIERRA RAMÍREZ, Deily Carol y VIVAS ALBARRACÍN, Carolina. Diseño e implementación de una unidad piloto de tratamiento biológico no convencional [en línea]. Trabajo de grado ingeniero ambiental. Bogotá D.C: Universidad La Salle. Facultad de ingeniería ambiental, 2005. 32 p. [consultado 9 de agosto del 2016], Disponible en Internet: <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/14755/00798156.pdf?sequence=1>.

## ANEXOS

### Anexo A. Mecanismos de la desinfección por radiación ultravioleta

El mecanismo de desinfección se basa en un fenómeno físico por el cual las ondas cortas de la radiación ultravioleta inciden sobre el material genético (ADN) de los microorganismos y los virus, y los destruye en corto tiempo, sin producir cambios físicos o químicos notables en el agua tratada.

Se cree que la inactivación por luz ultravioleta se produce mediante la absorción directa de la energía ultravioleta por el microorganismo y una reacción fotoquímica intracelular resultante que cambia la estructura bioquímica de las moléculas (probablemente en las nucleoproteínas) que son esenciales para la supervivencia del microorganismo. Está demostrado que independientemente de la duración y la intensidad de la dosificación, si se suministra la misma energía total, se obtiene el mismo grado de desinfección.

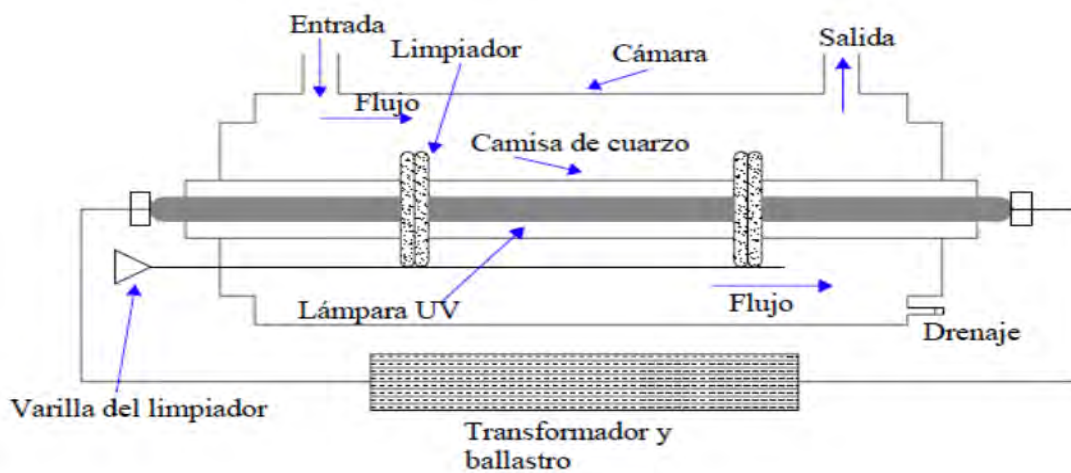
El mecanismo que usa la lámpara ultravioleta es sencillo: dentro de la lámpara, que es un tubo hecho de cuarzo o sílice, un arco eléctrico golpea una mezcla de vapor de mercurio y argón que hay en el interior. Cuando la corriente eléctrica golpea la mezcla, el argón no participa, ya que su función es solo ayudar a arrancar la lámpara, extender la vida del electrodo y reducir las pérdidas, pero las moléculas del mercurio se excitan y cuando los electrones de las órbitas externas

Descienden a órbitas de menor nivel energético, emiten la energía sobrante en forma de radiación ultravioleta como se puede ver en la gráfica 10<sup>59</sup>.

---

<sup>59</sup> Radiación ultravioleta [en línea]. En: BVSDE. [consultado 14 de febrero del 2017]. Disponible en Internet: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/desinfeccion/capitulo4.pdf>.

**Figura 20. Sistema de la desinfección por radiación ultravioleta**



**Fuente:** Radiación ultravioleta [en línea]. En: BVSDE. [consultado 14 de febrero del 2017]. Disponible en Internet: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/desinfeccion/capitulo4.pdf>.



## Anexo B. Plan de monitoreo para el STAR de FRIGOCAFÉ S.A.

FUENTES SUPERFICIALES A MONITOREAR	PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS E HIDROBIOLÓGICOS	FRECUENCIA
Entrada y salida del tratamiento primario (Rejillas, Trampas de grasas, pozo de bombeo y tamiz estacionario).	Sólidos Suspendidos Totales, DQO, DBO5, Dureza, pH, Oxígeno Disuelto, Turbidez, Temperatura, Alcalinidad, Conductividad, Nitratos y Fosfatos	Coliformes totales, Coliformes fecales y macroinvertebrados	Mensual, en el sistema de tratamiento de aguas residuales de FRIGOCAFÉ S.A.
Entrada y salida del tratamiento secundario (Tanque regulador, Fafa 1 y Fafa2).			
Entrada y salida del tratamiento terciario (filtros granulares).			
Entrada y salida del tratamiento terciario (macrófitas emergentes).			
Entrada y salida del tratamiento terciario (macrófitas flotantes).			
Entrada y salida del filtro cuaternario.			

**Fuente:** Elaboración propia.

### **Anexo C. Ampliación del sistema de tratamiento de aguas residuales mediante Humedales (Buchon de agua)**

Para realizar la expansión del sistema de Humedales de la planta de tratamiento, se tiene proyectado el destino final de los residuos líquidos en la zona de atrás del predio, como espacio cercano al punto de entrega a la fuente superficial, en donde los desechos por la remoción de contaminantes, no causen impactos significativos al Río Quindío. Para el diseño del sistema se pretende construir en la parte final del tratamiento cuaternario para que el proceso sea óptimo ya que las aguas que llegan están tratadas por los tratamientos posteriores de aguas residuales que tiene la empresa FRIGOCAFÉ S.A. y con la ampliación de este sistema el agua saldrá con mejores propiedades físico-químicas. A continuación en la gráfica 12. Se muestra la construcción de la ampliación de Humedales para el sistema de tratamientos de aguas residuales

**Figura 21.** Construcción de Humedales



**Fuente:** ROJAS DAVID. Humedales de Frigocafé. [Imagen] 2016.